

**FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO**

# **Ferramenta de auxílio para aprendizagem do Português**

**Miguel Agostinho Santos Nunes**



Mestrado Integrado em Engenharia Informática e Computação

Orientador: Ana Maria Silva Rebelo

Co-orientadores: Hélder Filipe Pinto de Oliveira

Consultora: Sónia Maria Cordeiro Valente Rodrigues

18 de Julho de 2017



# **Ferramenta de auxílio para aprendizagem do Português**

**Miguel Agostinho Santos Nunes**

Mestrado Integrado em Engenharia Informática e Computação

Aprovado em provas públicas pelo Júri:

Presidente: Armando Jorge Miranda de Sousa

Arguente: Paula Maria Marques Moura Gomes Viana

Vogal: Ana Maria Silva Rebelo

18 de Julho de 2017





# Resumo

É cada vez mais importante utilizar corretamente a linguagem verbal e não-verbal como meio de comunicação uma vez que permite o acesso ao conhecimento e o desenvolvimento social e pessoal.

Inicia-se logo na educação pré-escolar o processo de aprendizagem da leitura e da escrita. Este processo é bastante complexo dadas todas as características e regras da língua portuguesa e também porque o desenvolvimento linguístico, mental, motor, emocional e social ocorrem em paralelo e são dependentes entre si. Com o decorrer dos anos a profissão de docente corre o risco de práticas rotineiras, ineficazes e desinteressantes, quer para as crianças, quer para os próprios profissionais de educação. É necessário introduzir novas formas de ensino mais dinâmicas, sistêmicas, interessantes e motivadoras, de um modo mais adaptado à curva de aprendizagem de cada aluno e menos suscetíveis de falha humana pelos profissionais de educação. Assim sendo, é importante minimizar e corrigir os erros na aprendizagem desde o início.

Uma aprendizagem deficiente da leitura e escrita dificulta o progresso do aprendiz nos vários níveis de educação escolar. Sendo estes dois mecanismos os principais meios de partilha e aquisição de conhecimento, um aluno que apresente dificuldades neste nível correrá o risco de ficar retido no mesmo ano escolar mais do que uma vez. Além disso, os problemas de aprendizagem provocam não só falhas académicas e de comunicação, como ainda baixas de autoestima com consequentes distúrbios no desenvolvimento social e emocional. Quando um aluno termina a sua vida académica, o seu grau de conhecimento da língua portuguesa pode ainda constituir uma barreira a uma candidatura de emprego. Para além disto, um outro problema está relacionado com o custo que cada um importa ao Estado português, um maior tempo para um estudante completar a educação mínima obrigatória acarreta maiores custos.

Neste trabalho, pretende-se desenvolver uma aplicação Android para ajudar no processo de aprendizagem do português. A utilização de ferramentas computacionais de auxílio à aprendizagem tende a combater falhas nesse processo: desmotivação; erros decorrentes de práticas rotineiras por parte dos professores; inadequação da curva de aprendizagem a cada aluno; falta de experiências familiares que estimulem a aprendizagem da escrita e leitura. A aplicação tem dois níveis de aprendizagem com exercícios desde o treino do traço com a caneta até à aprendizagem de letras, palavras e construção de frases. Os exercícios estão de acordo com metas curriculares estabelecidas pelo Ministério da Educação. Em paralelo com o ensino do português, existirá uma bateria de exercícios para despistagem de problemas neurológicos associados a um atraso na curva do crescimento da aprendizagem. A aplicação diferencia-se dos manuais escolares pela capacidade de corrigir os exercícios e indicar ao aprendiz os principais erros cometidos e pontos a melhorar. Para que seja possível a utilização da aplicação por crianças que não sabem ler é utilizado o som para explicar os exercícios e conteúdos existentes. À medida que o aluno resolve exercícios são recolhidas estatísticas e outras informações importantes para que o professor tenha conhecimento sobre a evolução e principais dificuldades. Além disso, estas informações são úteis para adaptar a dificuldade dos exercícios propostos e tentar manter o aluno motivado.



# Abstract

It's increasingly important to use verbal and non-verbal language correctly as means of communication since it allows access to knowledge and social and personal development.

The process of learning to read and write begins immediately in preschool education. This process is very complex given all the characteristics and rules of the Portuguese language and because the linguistic, mental, motor, emotional and social development occur in parallel and are dependent on each other. Over the years, the teaching profession incurs the risk of routine, ineffective and uninteresting practices, both for the children and for the education professionals themselves. It's necessary to introduce new ways of teaching more dynamic, systematic, interesting and motivating in a way that it's more adapted to the learning curve of each student and less susceptible to human error by education professionals. Therefore, it's important to minimize and correct the learning errors from the beginning.

A poor learning of reading and writing makes the progress of the student in the various school levels harder. As these two mechanisms are the main channels of knowledge share and acquisition, a student who presents difficulties at this level will incur the risk of being retained in the same school year more than once. Furthermore, learning problems not only cause academic and communication failures, but also low self-esteem with consequent disturbances in social and emotional development. When a student finishes his academic life, his level of Portuguese knowledge may be a barrier to a job application. In addition, another problem is related with the cost that each student represents for the Portugal government, this cost increases with the years needed to complete the minimum required education level.

In this work, it's intended to develop an Android application to help in the process of learning Portuguese. The use of computational tools to aid learning tends to combat failures in this process: demotivation; errors arising from routine practices used by teachers; inadequacy of the learning curve for each student; lack of family experiences that stimulate the learning of writing and reading. The application has two levels of learning with exercises ranging from stroke training with the pen to learning letters, words and sentence construction. The exercises are in accordance with curricular goals established by the ministry of education. In parallel with the teaching of Portuguese, there will be a battery of exercises for screening neurological problems associated with a delay in the learning growth curve. The application differs from the textbooks for the ability to correct the exercises and indicate to the student the main mistakes made and points to be improved. To be able to use the application by children who can't read, sound is used to explain exercises and existing contents. As the student solves exercises, statistics and other important information are collected so that the teacher is aware of the evolution and main difficulties. In addition, this information is useful to adapt the difficulty of the proposed exercises and try to keep the student motivated.



# Agradecimentos

Este trabalho não seria possível sem a ajuda e apoio de várias pessoas a quem devo os meus agradecimentos.

À Prof. Dra. Ana Rebelo, pela paciência, disponibilidade, apoio e por acompanhar o progresso do trabalho, tendo contribuído com críticas e sugestões importantes em várias situações.

Ao Prof. Dr. Hélder Oliveira, pelo apoio, disponibilidade e ainda pelo convite para fazer a dissertação neste grupo de investigação.

À Prof. Dra. Sónia Rodrigues, pelo apoio, motivação e conselhos fundamentais ao longo deste projeto.

Ao agrupamento de escolas de Paredes, direção, professores, alunos e encarregados de educação envolvidos neste trabalho por toda a contribuição e disponibilidade.

Aos amigos do curso que lutaram ao meu lado durante esta jornada de 5 anos para ultrapassar todas as dificuldades e também pelos bons momentos.

À colega Filipa Barros pela colaboração e apoio em várias situações.

Aos meus pais e irmã por estarem sempre presentes nos bons e maus momentos, por todo o apoio e por me facultarem os estudos.

Miguel Agostinho Santos Nunes



# Conteúdo

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
1.1	Contexto/Enquadramento . . . . .	1
1.2	Projeto . . . . .	2
1.3	Motivação e Objetivos . . . . .	3
1.4	Contribuições . . . . .	3
1.5	Estrutura da Dissertação . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Aprendizagem da língua portuguesa</b>	<b>5</b>
2.1	Etapas no processo de aprendizagem . . . . .	5
2.1.1	Aspetos figurativos . . . . .	7
2.1.2	Aspetos conceptuais . . . . .	8
2.1.3	Caligrafia . . . . .	8
2.1.4	Ortografia . . . . .	9
2.1.5	Pontuação . . . . .	10
2.1.6	Leitura . . . . .	10
2.2	Dificuldades de aprendizagem . . . . .	11
2.3	Tecnologia no ensino . . . . .	13
2.4	Resumo . . . . .	17
<b>3</b>	<b>Estado da arte</b>	<b>19</b>
3.1	Revisão tecnológica . . . . .	19
3.1.1	Android . . . . .	19
3.1.2	Aplicações existentes . . . . .	20
3.2	Revisão científica . . . . .	21
3.2.1	Avaliação da qualidade da letra . . . . .	21
3.2.2	Reconhecimento de manuscrito . . . . .	24
3.2.3	Identificação de dificuldades de aprendizagem . . . . .	27
3.3	Conclusões . . . . .	29
<b>4</b>	<b>Especificação da aplicação</b>	<b>31</b>
4.1	Análise de requisitos . . . . .	31
4.2	Arquitetura da solução . . . . .	32
4.3	Modelo conceptual . . . . .	33
4.4	Estrutura da base de dados . . . . .	35
4.5	Fluxo de atividades . . . . .	36
4.6	<i>User Stories</i> . . . . .	38
4.7	Resumo . . . . .	39

## CONTEÚDO

<b>5</b>	<b>Descrição da aplicação</b>	<b>41</b>
5.1	Modelos das letras . . . . .	41
5.2	Aspeto gráfico dos exercícios . . . . .	42
5.3	Processamento do <i>input</i> do utilizador . . . . .	43
5.3.1	Filtragem de <i>multi-touch</i> . . . . .	45
5.4	Avaliação da resolução . . . . .	46
5.4.1	Validação de forma . . . . .	47
5.4.2	Validação de texto . . . . .	48
5.5	Estatísticas para o professor . . . . .	51
5.6	Resumo . . . . .	51
<b>6</b>	<b>Análise experimental</b>	<b>53</b>
6.1	Testes de usabilidade . . . . .	53
6.2	Validação . . . . .	53
6.3	Resultados . . . . .	54
6.3.1	Educação pré-escolar . . . . .	55
6.3.2	Primeiro ano . . . . .	56
6.4	Resumo . . . . .	57
<b>7</b>	<b>Conclusões e Trabalho Futuro</b>	<b>59</b>
7.1	Trabalho Futuro . . . . .	59
	<b>Referências</b>	<b>61</b>
<b>A</b>	<b>Anexos</b>	<b>67</b>
A.1	Exercícios . . . . .	67
A.2	Modelo conceptual . . . . .	71
A.3	Questionário . . . . .	72
A.4	Respostas ao questionário . . . . .	73



# Lista de Figuras

1.1	Âmbito do Projeto . . . . .	2
2.1	Primeiras produções escritas [Mat08] . . . . .	6
2.2	Reconhecimento da orientação [Mat08] . . . . .	8
2.3	Exemplos de grafismos . . . . .	9
2.4	Exemplo disgrafia [MBC <sup>+</sup> 13] . . . . .	12
2.5	Zonas da Sala de Aula do Futuro [dEa] . . . . .	15
2.6	IntuiScript [Scr] . . . . .	17
3.1	Distribuição dos sistemas operativos móveis em Dezembro 2016 [NET] . . . . .	19
3.2	Arquitetura comum de um avaliador de símbolos . . . . .	21
3.3	Arquitetura da solução de Victor Kulesh et al.[KSSS01] . . . . .	22
3.4	Arquitetura da solução de Yan Gao et al.[GJL11] . . . . .	23
3.5	<i>Fuzzy inference system</i> de Manuel Bouillon e Eric Anquetil [BA15] . . . . .	23
3.6	Reconhecimento de caracteres adaptado de: [TKA13] . . . . .	24
3.7	Referencial <i>8-directional feature</i> [MPKA12] . . . . .	26
3.8	Exemplo de utilização do contexto no reconhecimento do “n” [GLF <sup>+</sup> 09] . . . . .	27
3.9	Exemplo de exercícios [RBA <sup>+</sup> 16] . . . . .	29
4.1	Diagrama de casos de uso da aplicação . . . . .	32
4.2	Arquitetura da solução . . . . .	33
4.3	Ecrã de um exercício . . . . .	33
4.4	Modelo conceptual UML com classes principais simplificado . . . . .	34
4.5	Estrutura das tabelas com os dados dos alunos . . . . .	35
4.6	Estrutura de dados para o <i>input</i> do utilizador . . . . .	36
4.7	Exercícios definidos em XML no Código 4.1 . . . . .	36
	(a) ExLetter . . . . .	36
	(b) ExCopyPhrase . . . . .	36
4.8	Diagrama fluxo de atividades . . . . .	37
4.9	Interface das atividades . . . . .	38
	(a) Menu de professor . . . . .	38
	(b) Formulário para criar aluno . . . . .	38
	(c) Lista de exercícios . . . . .	38
	(d) Seleção do modo de utilizador . . . . .	38
5.1	Aplicação para recolha dos modelos . . . . .	42
	(a) Menu com as letras e os números . . . . .	42
	(b) Inserção do modelo da letra “R” . . . . .	42
	(c) Exemplo de letras . . . . .	42

## LISTA DE FIGURAS

5.2	Exemplo de exercício com ajuda . . . . .	43
5.3	Diferença entre desenho com linhas e curvas de Bézier. . . . .	44
	(a) Desenho com linhas. . . . .	44
	(b) Desenho com curvas de Bézier. . . . .	44
5.4	Exemplo de exercícios de demonstração. . . . .	47
	(a) Exercício número. . . . .	47
	(b) Exercício cor. . . . .	47
	(c) Exercício noção. . . . .	47
5.5	Exemplo de exercícios de tentativa-erro. . . . .	47
	(a) Exercício completar legendas. . . . .	47
	(b) Exercício pergunta sobre imagem. . . . .	47
	(c) Exercício copiar frase. . . . .	47
5.6	Pontos de referência. . . . .	48
5.7	Distância entre formas usando os pontos mais próximos. . . . .	48
5.8	Pontos de segmentação. . . . .	49
5.9	Formas possíveis para os textos “O” e “é”. . . . .	49
5.10	Distância entre formas usando os pontos sequencialmente. . . . .	50
6.1	Escala utilizada no inquérito. . . . .	54
6.2	Exercício 64. . . . .	56
6.3	Exercício 251. . . . .	57
A.1	Diferentes tipos de exercícios para educação pré-escolar. . . . .	67
	(a) Exercício número. . . . .	67
	(b) Exercício noção. . . . .	67
	(c) Exercício figura geométrica. . . . .	67
	(d) Exercício cor. . . . .	67
A.1	Diferentes tipos de exercícios para educação pré-escolar (continuação). . . . .	68
	(e) Exercício tema transversal. . . . .	68
	(f) Exercício número-quantidade. . . . .	68
	(g) Exercício relação espacial. . . . .	68
	(h) Exercício conjunto. . . . .	68
	(i) Exercício grafismo. . . . .	68
	(j) Exercício sequência. . . . .	68
A.2	Diferentes tipos de exercícios para o primeiro ano. . . . .	69
	(a) Exercício repetição de letra. . . . .	69
	(b) Exercício ditongo. . . . .	69
	(c) Exercício sílabas. . . . .	69
	(d) Exercício copiar palavra/frase. . . . .	69
	(e) Exercício correspondência de letras . . . . .	69
	(f) Exercício pergunta sobre imagem. . . . .	69
	(g) Exercício completar legendas. . . . .	69
	(h) Exercício trocar sílabas . . . . .	69
A.2	Diferentes tipos de exercícios para o primeiro ano (continuação). . . . .	70
	(i) Exercício aprender letra. . . . .	70
	(j) Exercício ordenar palavra/frase. . . . .	70
	(k) Exercício completar frase. . . . .	70
	(l) Exercício número de sílabas. . . . .	70
	(m) Exercício legendar imagens. . . . .	70

## LISTA DE FIGURAS

(n)	Exercício completar texto. . . . .	70
(o)	Exercício selecionar letra. . . . .	70
(p)	Exercício compreensão oral. . . . .	70
A.3	Modelo conceptual UML com as classes principais . . . . .	71
A.4	Questionário . . . . .	72

## LISTA DE FIGURAS

# Lista de Tabelas

3.1	Aplicações e características . . . . .	20
4.1	<i>User stories</i> . . . . .	39
5.1	Classificação por exercício. . . . .	51
5.2	Classificação média por nível. . . . .	51
6.1	Resultados educação pré-escolar perguntas 1 a 10 . . . . .	55
6.2	Resultados primeiro ano perguntas 1 a 10 . . . . .	56
A.1	Respostas educação pré-escolar . . . . .	73
A.2	Respostas primeiro ano . . . . .	74

## LISTA DE TABELAS

# Abreviaturas e Símbolos

HMM	<i>Hidden Markov Model</i>
kNN	<i>k-nearest neighbor</i>
MQDF	<i>Modified Quadratic Discriminant Function</i>
OCR	<i>Optical Character Recognition</i>
RNN	<i>Recurrent neuronal network</i>
SVM	<i>Support vector machine</i>





# Capítulo 1

## Introdução

A tecnologia está cada vez mais presente na sociedade, há tecnologia em quase tudo o que nos rodeia e a dependência dos dispositivos móveis e aplicações é cada vez maior. A evolução tecnológica dos últimos anos permitiu o avanço em várias áreas graças à redução do preço, ao aumento das capacidades computacionais, funcionalidades e variedade de dispositivos. A tecnologia tem uma presença cada vez maior também na educação como meio de motivação dos estudantes para aprender. As escolas tentam acompanhar a evolução dos tempos e adaptar ou adotar novas técnicas de ensino para melhorar os resultados dos seus alunos.

Este primeiro capítulo apresenta o enquadramento, motivação, objetivos e contribuições desta dissertação. Além disso, descreve o projeto em que se insere e a estrutura do documento.

### 1.1 Contexto/Enquadramento

É inquestionável o papel e a importância da linguagem oral e escrita como capacidade e veículo de comunicação e de acesso ao conhecimento sobre o mundo e sobre a vida pessoal e social. É fundamental que uma criança aprenda a ler e escrever. No entanto esse processo de aprendizagem é bastante complexo e exige um esforço elevado por parte do aprendiz e professor para ser o mais eficaz possível. Este processo de aprendizagem inicia-se formalmente na educação pré-escolar e é importante que as crianças sejam envolvidas em atividades de leitura e escrita, também em contexto familiar, sempre que possível. Por vezes, dados os vários fatores da vida pessoal e profissional de cada um, como a falta de tempo disponível, este tipo de atividades fica de parte e são muitas vezes trocadas por atividades mais lúdicas capazes de entreter e ocupar a criança. Além disso, a profissão de docente corre ao longo dos anos o risco de práticas rotineiras, ineficientes e desinteressantes tanto para os alunos como para os docentes, levando a uma desmotivação e desinteresse por parte das crianças e menos atenção nos pequenos detalhes por parte dos professores causada pela rotina e hábitos criados no ensino. Tudo isto contribui de forma negativa para

o surgimento de erros no ensino e problemas de aprendizagem. O uso de ferramentas computacionais tende a combatê-los promovendo metodologias sistemáticas e intencionais de estimulação da aprendizagem.

## 1.2 Projeto

Esta dissertação faz parte de um projeto que tem como principal objetivo o desenvolvimento de uma aplicação para o ensino da língua portuguesa a crianças. Para isso terá conteúdos e exercícios que permitam atingir as metas curriculares estabelecidas pelo Ministério da Educação desde o jardim de infância até ao fim do quarto ano do ensino básico. Esta aplicação deverá ser capaz de substituir os manuais escolares nestas idades. Os exercícios estarão divididos em cinco níveis correspondentes à educação pré-escolar e aos quatro anos que constituem o primeiro ciclo do ensino básico.

Os diferentes estados de desenvolvimento motor e intelectual de cada pessoa levam a um ritmo de aprendizagem também diferente. Esta diferença deve ser tida em conta no ensino, tanto a dificuldade como os exercícios devem ser adaptados a cada um pois têm impacto na motivação e nos resultados de aprendizagem. Para isso, à medida que o estudante resolve os exercícios serão extraídas estatísticas e informações úteis para que o professor possa ter conhecimento da evolução e dos principais entraves de aprendizagem. Estas informações serão também utilizadas para a gestão automática da sequência e dificuldade dos exercícios propostos.

A aplicação terá uma bateria de testes para despistagem de dislexia e identificação de outras dificuldades de aprendizagem como a disgrafia e a disortografia. Em cada momento o aluno receberá *feedback* visual e sonoro sobre os exercícios e conteúdos para que seja possível utilizar a aplicação de forma autónoma mesmo sem saber ler. Será possível criar vários utilizadores de forma a que o mesmo *tablet* possa ser utilizado por mais do que uma criança mantendo o progresso e informação de cada uma a salvo.



Figura 1.1: Âmbito do Projeto

Na Figura 1.1, é apresentada em resumo a ideia desta aplicação. Reúne-se um conjunto de elementos – moldes de letras definidos por professores, exercícios, recursos multimédia e métodos de validação – numa única aplicação. Conforme o aprendiz vai resolvendo os exercícios, são guardadas estatísticas e informações que permitem ao professor e até aos pais ter conhecimento da evolução e entraves na aprendizagem do aluno.

### 1.3 Motivação e Objetivos

Os problemas e erros na aprendizagem devem ser corrigidos assim que possível pois têm consequências diretas na vida do aprendiz podendo causar baixas de autoestima com consequentes falhas no desenvolvimento social e emocional. A aprendizagem deficiente da leitura e escrita dificulta também o acesso ao conhecimento e a aprendizagem noutras disciplinas além da de língua portuguesa podendo levar até à retenção escolar. Segundo dados de 2012 [FFP15], 34.3% dos estudantes analisados reprovou pelo menos uma vez entre o ensino primário e secundário. Este número é muito elevado dado o custo que cada aluno acarreta ao estado português. Além disso, uma pessoa que não domine a língua portuguesa terá dificuldades de comunicação, dificuldades na procura de emprego, entre outras.

O principal objetivo desta dissertação é o desenvolvimento dos dois níveis iniciais da aplicação, descrita anteriormente na secção 1.2, correspondentes à educação pré-escolar e ao primeiro ano do ensino básico. Nestes níveis pretende-se ensinar aos estudantes conceitos desde os números à formação de frases simples. Espera-se também implementar metodologias que permitam a identificação das dificuldades de aprendizagem e a validação da resolução dos exercícios.

Pretende-se avaliar se a utilização conjunta de elementos que se consideram aliciantes, pode originar resultados positivos no processo de aprendizagem e, desta forma, resultar num novo paradigma de ensino. Tais elementos incluem a gestão da dificuldade dos exercícios, as capacidades de imersão que o *tablet* proporciona e a sensação de desafio subjacente aos exercícios.

Neste momento, todos os conteúdos e dados serão armazenados localmente em cada dispositivo permitindo um desenvolvimento mais concentrado na aplicação e nas suas funcionalidades.

### 1.4 Contribuições

O trabalho proposto tem as seguintes contribuições principais:

1. Moldes das letras e dos números manuscritos ensinados em Portugal;
2. Metodologias para a avaliação de manuscrito;
3. Aplicação Android com dois níveis iniciais;

## 1.5 Estrutura da Dissertação

Para além da introdução, esta dissertação contém mais cinco capítulos. No capítulo 2, é apresentada uma introdução a conceitos da aprendizagem da língua portuguesa e alguns projetos inovadores existentes nesta área. No capítulo 3, é feita uma revisão da literatura e são apresentados métodos de avaliação da qualidade de letras, reconhecimento da escrita e identificação de dificuldades de aprendizagem. O capítulo 4 descreve a aplicação desenvolvida em relação aos seus requisitos, funcionalidades implementadas e a sua arquitetura. O capítulo 5 apresenta alguns detalhes de implementação. No capítulo 6, é apresentada a análise experimental. Por fim, no capítulo 7 apresenta-se a conclusão e o trabalho futuro.

## Capítulo 2

# Aprendizagem da língua portuguesa

Neste capítulo apresentam-se alguns conceitos relacionados com a aprendizagem da língua portuguesa. Sendo assim, o capítulo começa com uma exposição das principais etapas na aprendizagem da escrita e da leitura nos anos iniciais da escolaridade. De seguida, destacam-se algumas dificuldades de aprendizagem da língua portuguesa por vezes causadas por malformações neurológicas. Por fim, são apresentadas formas atuais de utilização da tecnologia na educação bem como projetos que, com recurso às tecnologias de informação e comunicação, superam fragilidades do método tradicional, trazendo inovação e eficácia no campo da aprendizagem.

### 2.1 Etapas no processo de aprendizagem

“Ensinar a escrever não é só ensinar a utilizar uma ferramenta, mas contribuir para uma arquitetura mental diferente na espécie humana.” [BVB09, pag.11]

As crianças começam desde cedo a explorar e questionar o mundo que as rodeia e começam a adquirir diferentes conhecimentos sobre a linguagem de forma autónoma. Segundo Maria Mata, Isabel Silva, Liliana Marques, Lourdes Mata e Manuela Rosa [Mat08, SMMR], esta aprendizagem está sobretudo relacionada com experiências do dia-a-dia em que contactam com a leitura e escrita como, por exemplo, quando veem os pais a ler e escrever a lista de compras ou outro tipo de textos e apontamentos. É vantajoso que as crianças sejam submetidas a um processo de aprendizagem o quanto antes.

À medida que as crianças vão desenvolvendo as suas capacidades têm mais vontade de participar em atividades que envolvam a leitura e escrita, esta vontade deve ser aproveitada para ensinar e motivar a criança para aprender mais. A motivação é um fator importante no desenvolvimento e processo de aprendizagem e é por isso importante gerir a motivação com especial cuidado [Mat08, SMMR]. Uma criança desmotivada tem medo de ser confrontada com o erro, desenvolvendo uma resistência à aprendizagem e tendo cada vez mais dificuldades em participar em

atividades educativas. Por outro lado, uma criança motivada tem vontade de aprender mais, explorando sempre os novos conceitos e melhorando o que já sabe. Portanto, deve-se de alguma forma recorrer ao reforço positivo no processo de aprendizagem, valorizando a tentativa e o esforço para que não tenha medo de tentar mais vezes [Mat08].

Conforme nos descrever Maria Marta [Mat08], inicialmente, as crianças tentam reproduzir as formas das letras sem lhes atribuir qualquer significado (Figura 2.1), podem ser apenas garatujas num desenho. De seguida, começam a perceber o valor e significado das letras e tentam seguir algumas convenções, como a orientação. A aprendizagem da leitura e escrita acontece em simultâneo e complementam-se. Primeiro começam por aprender as formas e depois o nome das letras, mais tarde tentam formar palavras e atribuir-lhe um significado.

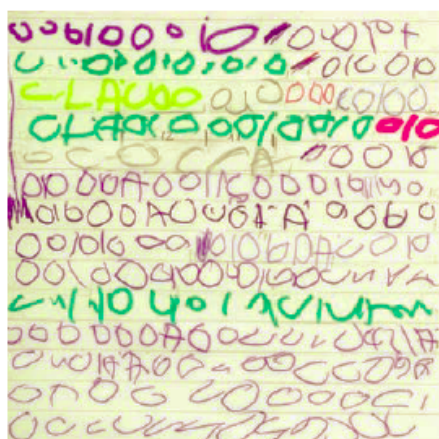


Figura 2.1: Primeiras produções escritas [Mat08]

É essencial que no seu dia-a-dia a criança seja envolvida com frequência em situações em que a escrita e leitura tenham objetivos claros, como por exemplo: lista de compras, notas para não esquecer algo, ler ou escrever cartas, ler histórias ou legendas de um filme. Isto serve para que ela entenda a importância da escrita e as suas funcionalidades [Mat08]. Também é importante envolvê-la nestas atividades para criar a necessidade e motivação para aprender a ler e escrever [Mat08, SMMR]. Além disso, deve-se fazer uma exposição mais formal à matéria escrita, não basta ver a ler, é preciso questionar e ensinar o que está escrito [Mat08].

Isabel Silva et al.[SMMR] defendem que na educação pré-escolar desenvolvem-se, mesmo que de uma forma superficial, três dimensões da consciência linguística: consciência fonológica, da palavra e sintática. A consciência fonológica consiste na capacidade de identificar e manipular os elementos sonoros de tamanhos diferenciados que formam as palavras. Crianças em idade pré-escolar conseguem normalmente identificar e manipular as sílabas com alguma facilidade. A consciência fonológica aprofunda-se mais tarde aquando da aprendizagem da leitura. A consciência da palavra consiste na capacidade de identificar palavras numa frase. Inicialmente as crianças só identificam as palavras que para elas têm significado, como nomes ou verbos. A consciência

sintática consiste na compreensão das regras da organização gramatical das frases e a sua utilização para formar frases corretas e cada vez mais complexas.

Segundo estes autores, na educação pré-escolar deve-se tirar partido daquilo que as crianças já sabem, dando a possibilidade de utilizar a leitura e escrita com diferentes finalidades. Deve-se focar a aprendizagem nas três componentes seguintes:

“Funcionalidade da linguagem escrita e sua utilização em contexto; Identificação de convenções da escrita; Prazer e motivação para ler e escrever.” [SMMR, Secção 3.2 Área de Expressão e Comunicação]

Adriana Baptista, Fernanda Viana e Luís Barbeiro [BVB09] referem que no início do 1º ano de escolaridade todas as crianças partem do mesmo ponto, ou seja, muitas vezes não se tem em atenção os conhecimentos que já têm ou deveriam ter, fazendo com que para algumas seja uma falsa partida. Nem todas as crianças tiveram a oportunidade de frequentar um jardim-de-infância onde se fomentasse a aprendizagem da escrita e leitura, ou atividades em contexto familiar para o mesmo efeito. Ao se ensinar o “i de igreja” não se pode esperar que uma criança que não esteve envolvida em atividades de leitura e escrita, não sendo confrontada com situações que lhe proporcionassem oportunidade de reflexão acerca dos aspetos da escrita e leitura, faça a ligação lógica entre letras e sons.

“Para além disso, a investigação tem demonstrado que o facto de as crianças terem algum conhecimento e compreensão sobre as funções da leitura e da escrita, antes de iniciarem a escolaridade obrigatória, parece facilitar a aprendizagem, refletindo-se no seu desempenho.” [SMMR, Secção 3.2 Área de Expressão e Comunicação]

As crianças que são de algum modo envolvidas em atividades de leitura e escrita desenvolvem conhecimentos sobre os aspetos figurativos e conceptuais da linguagem [BVB09].

### **2.1.1 Aspetos figurativos**

Como explica Maria Marta [Mat08], os aspetos figurativos estão relacionados com o tipo de características percetivas/gráficas de que a criança se apercebe, são elas: a diferenciação de códigos, a orientação da escrita e o conhecimento de letras.

Diferenciação de códigos evidencia-se quando as crianças começam a tentar desenhar letras, mesmo com a forma errada. Gradualmente começam a surgir formas mais corretas e próximas das pretendidas. No entanto, é comum ainda não existir uma perceção das convenções como a orientação. A primeira conquista no processo de aprendizagem é a capacidade de distinguir o desenho do código escrito, embora não sejam capazes de distinguir o código alfabético do numérico. Começam por perceber que o desenho representa a forma do objeto enquanto que a escrita representa o nome, também aprendem que a escrita e o desenho não seguem as mesmas regras: dimensão, ordem e orientação. À medida que vão aprendendo as formas, começam também a associar-lhes o nome da letra, mas a escolha das letras para o desenho ou palavra pode ser meramente aleatória.

As crianças reconhecem muito cedo a orientação da escrita (Figura 2.2), tanto a organização em linhas como da direita para a esquerda e de cima para baixo. No entanto isto não significa que as utilizem sempre. Mudam a orientação por vontade de exploração da escrita e da sua orientação, como por necessidades resultantes de constrangimentos que surgem ao longo da produção escrita.

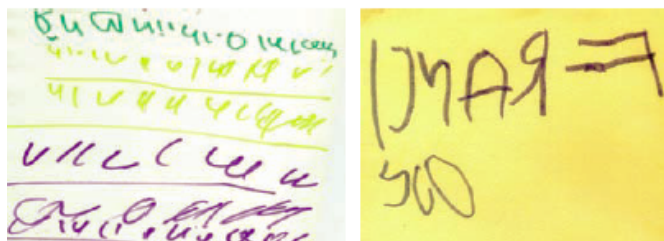


Figura 2.2: Reconhecimento da orientação [Mat08]

O conhecimento das letras antes de iniciar o primeiro ano de escolaridade é uma vantagem e contribui para o sucesso do aluno. No entanto, esta vantagem só é significativa quando a criança aprende as letras de forma contextualizada, sem ser demasiado concentrada só no nome e forma das letras. Se a aprendizagem é demasiado focada na forma a criança perde a noção das funcionalidades da escrita e da sua importância como meio de comunicação. Assim, a aprendizagem deve ser feita de forma contextualizada, em atividades com objetivos claros e que envolvam a criança. Nesta fase é comum que as letras mais utilizadas e conhecidas sejam as que fazem parte do nome da criança, porque é um dos primeiros passos utilizados para ensinar ou motivar as crianças para a escrita.

### 2.1.2 Aspetos conceptuais

Conforme as crianças vão aprendendo as letras começam a formar palavras e a atribuir-lhes significados. Para isso criam alguns critérios que lhes permitem decidir se as palavras estão corretamente escritas ou não. Esses critérios são de dois tipos: quantitativos e qualitativos. [Mat08]

Os critérios quantitativos estão relacionados com o número de letras por palavras [Mat08, SMMR, BVB09]. Inicialmente relacionam diretamente o tamanho das coisas com o respetivo nome, ou seja, quanto maior é um objeto mais letras são necessárias para escrever o nome, por exemplo: são precisas mais letras para escrever “carro” do que “formiga”. Também assumem que não há palavras com menos de 3 letras. Com o tempo, vão perceber que o número de letras utilizado para escrever uma palavra está relacionado com o tempo que se demora a pronunciar essa palavra.

Os critérios qualitativos estão associados à variedade de caracteres utilizados. As crianças tentam não repetir letras consecutivamente e variar ao máximo a utilização das mesmas. [Mat08]



### 2.1.3 Caligrafia

De acordo com Adriana Baptista et al.[BVB09], as escritas alfabéticas não são interpretáveis, as palavras têm o mesmo significado qualquer que seja o indivíduo que as usa, portanto é fundamental conhecer as regras e convenções do código escrito. Para o sucesso da escrita e respetiva leitura é essencial que a criança aprenda as regras caligráficas.

A caligrafia é o estudo da escrita à mão que define critérios para manter a harmonia e forma das letras num texto, permitindo mais facilmente a sua leitura. A caligrafia é também uma forma de destreza motora e como qualquer outra, tem de se treinar para a dominar.

Segundo estes autores [BVB09], a ordem em que se ensina a forma escrita das letras deve ter em conta vários fatores, como a semelhança entre letras, “partes” comuns ou complexidade do desenho da letra, deve-se seguir uma sequência adequada no ensino das letras. Usar a ordem do alfabeto não é, neste caso, uma boa opção. A ordem em que se aprende a escrever poderá ser diferente da ordem em que se aprende a ler, porque embora se tenha aprendido a ler uma determinada letra, a complexidade da sua forma poderá adiar a sua aprendizagem para mais tarde ou então não exigir que, nessa altura, o aprendiz seja capaz de desenhar a letra na perfeição.

Referem ainda que a produção de grafismos (Figura 2.3) seguida do ensino de letras que usem partes desses grafismos facilita a aprendizagem. Quando uma criança tem mais dificuldade em reproduzir formas de letras usa-se cadernos pautados ou folhas de duas linhas. Esta prática ajuda a criança a ter controlo da dimensão e orientação, destaca as partes constituintes de cada letra e permite que criança consiga gerir melhor o espaço da folha.

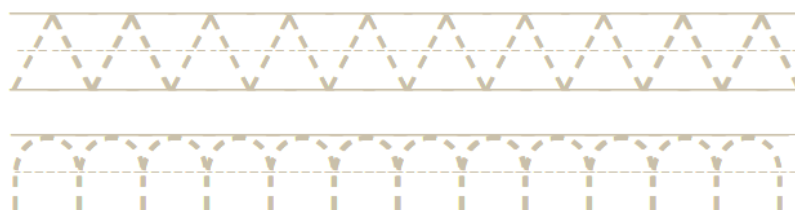


Figura 2.3: Exemplos de grafismos

### 2.1.4 Ortografia

A ortografia é outra competência necessária para produzir texto passível de ser entendido. Adriana Baptista et al.[BVB09] afirma que ao longo do processo de aprendizagem as crianças passam pelas seguintes fases:

1. Perceber os sons que compõem as palavras;
2. Conseguir passar esses sons para escrita;
3. Utilizar normas ortográficas para escolher entre as várias possibilidades de transcrição de cada som.

Inicialmente as crianças podem não identificar as diferentes possibilidades de escrever a mesma palavra, gradualmente e com base nos erros cometidos vão perceber que escreveram mal e finalmente o grande objetivo é que a criança chegue uma fase em que é capaz de antecipar o erro antes de escrever e é capaz de refletir sobre as diferentes possibilidades, escolhendo a correta. A ortografia é uma competência fundamental, pois é responsável por alguns obstáculos linguísticos e pode ter um elevado impacto social. É frequente avaliar a capacidade intelectual ou a qualidade da aprendizagem de uma pessoa pela sua ortografia em situações como a redação de uma carta de motivação, de apresentação ou o próprio currículo. [BVB09]

### 2.1.5 Pontuação

Outro aspeto importante da escrita é a pontuação. A pontuação tenta trazer algumas características da oralidade para o papel, como: tom de voz, volume, duração, ritmo e pausas. A pontuação visa explicitar e clarificar o significado da escrita, para isso segue um conjunto de regras complexas. Por vezes, a justificação da utilização de um sinal de pontuação numa certa situação implica o conhecimento de conceitos gramaticais demasiado complexos para uma criança, assim a sua explicação deve ser focada na função do sinal e no sentido semântico da sua introdução. A partir daí será mais fácil a compreensão e sistematização da utilização dos sinais de pontuação por parte das crianças. [BVB09]

### 2.1.6 Leitura

“O reconhecimento da palavra escrita é a pedra basilar da leitura” [SS09, pag.12]

Um leitor usa estratégias diferentes conforme o seu nível de fluência na leitura. Um leitor fluente usa maioritariamente estratégias de acesso direto e automático ao léxico, identificando a palavra de forma global e rápida, no caso contrário, um leitor menos fluente usa estratégias sub-lexicais que assentam na correspondência do grafema<sup>1</sup> ao som [SS09]. O reconhecimento dos grafemas está diretamente ligado ao conhecimento que o leitor tem sobre os padrões ortográficos, soletração e tradução som-grafema.

Linnea Ehri [Ehr97, citado em [SS09]] definiu três níveis na aprendizagem da leitura. No primeiro nível (pré-alfabético), ainda não existe conhecimento sobre as letras, mas as crianças são capazes de ler algumas palavras através de chaves contextuais ou visuais. Por exemplo, neste nível é comum que uma criança consiga ler o logótipo da Coca-Cola, mas não o nome da marca isolado dos efeitos gráficos. No segundo nível (parcialmente alfabético), as crianças começam a conhecer algumas letras e a decifrar as palavras com base na primeira letra, ou seja, ler Luísa em Luísa/Lisboa. No terceiro nível (fase alfabética plena), existe o conhecimento da correspondência letra-som e uma identificação global e rápida de algumas palavras.

Inês Sim-Sim [SS09] explica que a interação e convivência com falantes nativos de uma língua levam a que, por volta dos cinco/seis anos de idade, a maioria das crianças tenha conhecimento sobre as estruturas sintáticas básicas e a aquisição fonológica consolidada. No entanto:

---

<sup>1</sup>Letra impressa.

“O conhecimento das regras pragmáticas e o conhecimento lexical são fortemente influenciados pelo ambiente social da criança, sendo estes os domínios mais sensíveis às variações socioculturais.”[SS09, pag.21]

Segundo esta autora [SS09], para aprender a ler é fundamental que a criança desenvolva um conjunto de capacidades de consciência fonológica, são elas: produzir e detetar rimas; segmentar frases em palavras e palavras em sílabas; manipular, substituir, remover e adicionar sílabas em palavras; identificar sílabas iguais; identificar sons finais ou iniciais iguais; e associar sons a letras. Tal como na aprendizagem da escrita é muito importante a envolvência da criança em atividade de leitura antes do ensino formal no primeiro ano da educação primária:

“Acresce, ainda, que está solidamente demonstrado que quanto mais as crianças sabem sobre a leitura e escrita antes de formalmente ensinadas a decifrar, maior será o sucesso na aprendizagem posterior da leitura.” [SS09, pag.20]

## 2.2 Dificuldades de aprendizagem

Todas as crianças passam por dificuldades para aprender a ler e escrever porque o processo de aprendizagem é complexo dadas todas as características da língua portuguesa. Além destas dificuldades comuns há ainda algumas crianças cujo percurso no processo de aprendizagem é mais complicado por causa de transtornos neurológicos, mais especificamente dislexia, disgrafia, disortografia ou discalculia.

Dislexia caracteriza-se por dificuldades na fluência da leitura, tem origem neurológica e interfere sobretudo na distinção e memorização de letras ou grupos de letras, provocando problemas de ordenação, ritmo e estruturação da frase. Apresenta também dificuldades na associação entre a letra escrita e o som da mesma [APPc]. Embora os disléxicos tenham estas dificuldades, a dislexia não está associada a um nível intelectual baixo [Coe12].

Principais dificuldades [APPc]:

- Problemas na leitura e escrita (9-11 anos);
- Leitura lenta e sem ritmo;
- Perda da linha de leitura;
- Inversão de letras ou palavras;
- Vocabulário reduzido;
- Compreensão verbal deficiente;
- Dificuldade na associação da letra ao som.

Disgrafia é uma perturbação funcional que afeta a qualidade do traço e grafia da escrita (Figura 2.4). Assim, as crianças com disgrafia apresentam escritas deficientes e com desvios acentuados em relação à norma, as suas letras são pouco diferenciadas e com problemas de proporção. Embora a disgrafia possa estar relacionada com perturbações motoras, pode também ser o resultado de

problemas pedagógicos. [APPb]

Principais dificuldades [APPb, Coe12]:

- Escrita muito lenta ou muito rápida;
- Letras muito grandes ou muito pequenas;
- Inclinação da escrita;
- Letras desligadas ou sobrepostas;
- Traços muito grossos ou muito suaves.



Figura 2.4: Exemplo disgrafia [MBC+13]

Disortografia é uma perturbação que afeta as capacidades de escrita e elaboração de textos, está associada à presença de vários erros ortográficos, frases curtas e pobres, desrespeito das regras gramaticais e correspondência incorreta entre letra e som. A disortografia não está necessariamente relacionada com a disgrafia, ou seja, a criança não apresenta necessariamente problemas na grafia e traço na escrita. Entre vários fatores, a disortografia está também associada a métodos de ensino deficientes. [APPd]

Principais dificuldades [APPd, Coe12]:

- Adição, remoção ou substituição de letras, sílabas ou palavras (na escrita);
- Troca de letras com sons semelhantes;
- Troca de letras semelhantes, como “b” ou “d” (simetria);

- Dificuldades com fonemas de dupla grafia (“ch” e “x”);
- Omissão do “h”;
- Separação/junção incorreta de palavras;
- Não começar frases por letra maiúscula;
- Dificuldades em dividir palavras na mudança de linha.

Discalculia é também uma perturbação neurológica que se caracteriza por dificuldades na aprendizagem e manipulação dos números. O aluno pode apresentar dificuldades na leitura e compreensão dos números, símbolos e regras matemáticas. [APPa]

Principais dificuldades [APPa, Coe12]:

- Dificuldades de memorização de regras ou fórmulas;
- Alterações na sequência dos números;
- Dificuldades na diferenciação de orientações;
- Dificuldades na tradução de problemas em fórmulas;
- Dificuldades na realização de operações matemáticas;
- Leitura errada dos números;
- Dificuldade em relacionar número e quantidade;
- Dificuldades em contar;
- Dificuldades na compreensão de conjuntos, quantidades, conceito de medida e valor das moedas;
- Dificuldades em aprender as horas.

## 2.3 Tecnologia no ensino

Segundo Clara Tavares e Luís Barbeiro [TB11], o uso da tecnologia na educação é uma questão controversa, pois de um lado existe a ideia de que a tecnologia é responsável pela perda de hábitos de leitura e trabalho, por outro lado existe a convicção de que basta equipar as escolas com computadores e acesso à Internet para melhorar o ensino. A tecnologia traz novas formas de ler e escrever, pelo que o domínio precoce das tecnologias pelas crianças ajuda no desenvolvimento da relação com a leitura e escrita. Além disso, hoje em dia há crianças que têm acesso a computadores, *tablets* e telemóveis com grande facilidade, e acabam por preferir estes equipamentos aos livros. Assim, não se deve ignorar as tecnologias, mas integrá-las de forma útil e vantajosa no sistema de ensino. Por exemplo, estes autores consideram que a utilização do computador no processo de escrita tem várias vantagens:

1. Planificação: ajuda na procura e acesso à informação a ser incluída no texto;
2. Textualização: dá forma às letras, às palavras e ao texto, permitindo alterações mais rapidamente;
3. Revisão: facilmente se consegue rever, corrigir e adequar o texto final;

Têm sido vários os projetos realizados tendo por base a importância cada vez maior da tecnologia na nossa sociedade.

A plataforma “[Ainda Estou a Aprender](#)” [MCS] foi desenvolvida pelo Centro de Investigação em Psicologia e o Centro de Investigação em Estudos da Criança da Universidade do Minho. Trata-se de uma plataforma educativa que tem como objetivo ajudar os alunos com dificuldades na aprendizagem da leitura. É um recurso didático, interativo e de acesso livre para alunos, professores, psicólogos, terapeutas da fala, pais e outros técnicos. Disponibiliza um vasto conjunto de conteúdos em suporte digital, tentando ser mais atrativo e envolvente para as crianças.

O sítio “[Ensina RTP](#)” disponibiliza conteúdos produzidos ao longo das últimas décadas para a Rádio e Televisão de Portugal (RTP). Nestes conteúdos encontram-se documentários e entrevistas que podem ser usados por professores e estudantes. Os conteúdos estão em formato vídeo, áudio, infográfico e fotográfico. A Antena 2 tem também um programa com objetivos educativos, trata-se do “[Palavras de Bolso](#)”. Este programa de literacia emergente pretende garantir um relacionamento regular com a literatura, brincando com a fonologia, rima, música e literatura portuguesa.

A escola virtual é uma plataforma que disponibiliza aos professores e alunos um conjunto de testes de avaliação, aulas interativas, conteúdos multimédia, manuais escolares em formato digital e uma plataforma de *e-Learning* [PE].

A Equipa de Recursos e Tecnologias Educativas (ERTE) da Direção-Geral da Educação é também responsável por um conjunto de recursos e tecnologias educativas com o objetivo de propor formas de integração da tecnologia na educação. Os recursos disponibilizados são os seguintes [dEb]:

- **SeguraNet:** Este projeto tem como objetivo promover uma navegação segura na Internet por parte da comunidade educativa. Disponibiliza um conjunto de recursos digitais e sessões de sensibilização.
- **eSafety Label:** Projeto europeu que visa promover e certificar práticas de segurança digital.
- **Clubes de Programação e Robótica:** Concursos organizados para apoiar atividades relacionadas com programação e robótica.
- **Apps For Good:** Programa educativo que promove o desenvolvimento de aplicações por alunos para resolver problemas da comunidade escolar.
- **eduScratch:** Projeto que pretende promover a utilização do Scratch. O Scratch é um ambiente gráfico de programação.
- **Laboratórios de Aprendizagem:** Iniciativa que pretende divulgar metodologias para a integração curricular das TIC<sup>2</sup>.
- **Iniciação à Programação no 1.º Ciclo do Ensino Básico:** projeto piloto com o apoio da Associação Nacional de Professores de Informática (ANPRI), Centro de Competência TIC

---

<sup>2</sup>Tecnologias de informação e comunicação

da Universidade de Évora (CCTIC UE), Centro de Competência TIC da Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Setúbal (CCTIC ESE Setúbal) e MICROSOFT para o desenvolvimento de capacidades associadas ao pensamento computacional, à literacia digital e outras capacidades transversais ao currículo.

- **Catálogo BloguesEDU:** Destina-se à partilha e publicação de blogues, de professores, com trabalhos realizados com alunos.
- **Portal das escolas:** plataforma que disponibiliza recursos educativos digitais de qualidade para os professores.

Existem outros projetos a decorrer no nosso país com o objetivo de integrar a tecnologia na educação de forma a melhorar os resultados de aprendizagem e também para tentar inovar nas metodologias de ensino.

Neste momento existem em Portugal 12 “Salas de Aula do Futuro” em funcionamento [dEa], estes laboratórios foram inspirados pelo projeto *Future Classroom Lab* desenvolvido pela *European Schoolnet* em Bruxelas. Nestas salas a metodologia de ensino é bastante diferente, em vez do professor expor a matéria, este propõe problemas que os alunos terão de resolver utilizando as diversas zonas da sala, ou seja, aprendem investigando e ao mesmo tempo desenvolvem competências ao nível do trabalho colaborativo, tendo um papel mais ativo na busca pelo conhecimento. Estas salas estão divididas em várias zonas: zona desenvolver, partilhar, interagir, apresentar, investigar e criar como se pode observar na Figura 2.5. A zona “Apresentar” serve para exibir o problema inicial e o resultado obtido após a conclusão do trabalho. A zona “Investigar” tem algum equipamento básico de física e química, computadores com ligação à Internet e outros materiais que permitem fazer a investigação necessária para resolver o problema proposto. A zona “Criar” tem diversos equipamentos multimédia e edição de vídeo para se criar uma apresentação dos resultados obtidos. A zona “Partilhar” é destinada à investigação e criação do produto final, permite ainda a construção de inquéritos tanto para *brainstorming* como avaliação da atividade. Na zona “Desenvolver” podem fazer reuniões e pesquisas em grupo ou individuais. A zona “Interagir” é semelhante a uma sala de aula tradicional, mas o professor tem um conjunto de tecnologias que poderá usar para envolver mais ativamente os alunos na aula.

O projeto-piloto “Manuais Escolares Eletrónicos” (ManEEle) [dSRA] é um projeto que pretende avaliar o impacto da substituição dos manuais escolares tradicionais em papel por *tablets* com acesso a manuais digitais. Este projeto que surgiu por iniciativa do Ministério da Educação decorre no Agrupamento de Escolas de Cuba, no Alentejo. Foi iniciado com alunos do 7º ano e acompanha-os durante todo o 3º ciclo. Segundo um estudo realizado pela Universidade Católica, que é responsável por monitorizar o projeto, os resultados iniciais apontam para um aumento da motivação em aprender e ir às aulas [LM15]. No entanto os autores concluem que o estudo apresentado não é conclusivo quanto ao impacto na aprendizagem.

Com base no projeto anterior, o Agrupamento de Escolas de Montemor-o-Novo candidatou-se ao projeto FAINA 1:1 que se diferencia do anterior ao prescindir por completo do manual escolar, tanto em papel como digital. Uma turma do 7º ano deste agrupamento vai partir dos resultados do





Figura 2.5: Zonas da Sala de Aula do Futuro [dEa]

projeto anterior para estudar alternativas ao processo tradicional de aprendizagem. Neste projeto, cada aluno tem acesso a um *tablet* que utilizará como caderno para tirar os seus apontamentos e também para aceder aos conteúdos disponibilizados pelos professores em substituição dos manuais escolares. Este projeto tem também como objetivo avaliar os resultados de uma aprendizagem mais ativa e personalizada, no sentido em que é possível adaptar o método de ensino às necessidades de cada aluno. [dEE]

Segundo David Blair [Bla], na Finlândia, tal como em 43 estados dos Estados Unidos da América, não é obrigatório o ensino da escrita em manuscrito, desde 2016 os estudantes usam *tablets* para aprender a digitar. No entanto, esta é uma questão controversa uma vez que estes alunos não são capazes de ler artigos em manuscrito, por esta razão o estado Tenessi recuou com esta medida.

A Finlândia é um dos países que apresenta melhores resultados académicos. Em 2013, também na Finlândia se começou a avaliar os resultados da troca dos cadernos e manuais escolares em papel por *tablets* com todos os conteúdos necessários, num projeto denominado *Future Classroom 2020*. Os primeiros resultados deste projeto vão ao encontro dos obtidos em Portugal, o simples uso do *tablet* aumenta a motivação e o interesse dos alunos. [Dve]

Duas outras iniciativas do governo português para de alguma forma tentar aliar a tecnologia e a educação foram o portátil Magalhães e a iniciativa e-escola. O portátil Magalhães era um computador de baixo custo destinando a crianças, tinha software destinado à aprendizagem em várias áreas. O projeto e-escola tinha como objetivo facilitar a aquisição de computadores portáteis pelos estudantes, os preços dos portáteis variavam conforme o escalão social. Estes dois projetos foram descontinuados.

Em França está também a decorrer um projeto piloto intitulado *IntuiScript* (Figura 2.6), tem como objetivo a criação de um livro de trabalho para ser utilizado em *tablets* e ensinar literacia a crianças dos 3 aos 7 anos de idade. Segundo Manuel Bouillon e Eric Anquetil [BA15], a principal



vantagem é a possibilidade da ferramenta ser modelada pelo professor e configurada de acordo com o processo de aprendizagem de cada aluno. Este projeto é apoiado pela equipa educacional da região da Bretanha e está a ser avaliado com a participação de mil estudantes desta região, começou em janeiro de 2015 e terá a duração de 32 meses.



Figura 2.6: IntuiScript [Scr]

## 2.4 Resumo

O processo de aprendizagem é complexo, contínuo e acompanha-nos durante toda a nossa vida. Começamos desde cedo a adquirir conhecimento mesmo sem que sejamos formalmente ensinados, há uma preocupação cada vez maior em aproveitar estas capacidades emergentes de aquisição de conhecimento o mais cedo possível de forma a garantir um percurso mais facilitado assim que se entra para a escola. Há que ter também atenção a todos os sinais apresentados pelas crianças para detetar o mais cedo possível qualquer dificuldade que estas apresentem de modo a corrigir ou diminuir os possíveis efeitos negativos dessa dificuldade.

Vivemos nesta que é a Sociedade da Informação, é uma realidade cada vez mais presente, neste momento existe tecnologia em todo o lado, tudo é digital e está muitas vezes à distância de alguns *clicks*. A tecnologia começa também a chegar às escolas e às metodologias de ensino. A escola evoluiu das lousas para o papel e talvez esteja a chegar o momento de passar do papel aos conteúdos puramente digitais. Os métodos tradicionais já não são os mais eficazes, mas é notório o esforço de várias entidades e países em tentar renovar o ensino de forma a melhorar os resultados académicos dos seus alunos.



## Capítulo 3

# Estado da arte

Neste capítulo é descrito o estado da arte e são apresentados trabalhos relacionados com a avaliação da qualidade da letra em manuscrito, reconhecimento de letras em palavras e identificação de dificuldades de aprendizagem. É também apresentada a plataforma para a qual a aplicação será desenvolvida, o Android, e aplicações relacionadas.

### 3.1 Revisão tecnológica

#### 3.1.1 Android

Android é um sistema operativo desenvolvido pela Google e baseado no *kernel* de Linux. É o sistema operativo mais utilizado em plataformas móveis em todo o mundo (Figura 3.1). A primeira versão deste sistema operativo data de 2007 e desde aí a Google tem produzido várias versões com novas funcionalidades e melhoramentos. O Android foi desenvolvido para dispositivos móveis com ecrãs sensíveis ao toque, como *smartphones* e *tablets*, mas é atualmente utilizado noutro tipo de dispositivos como *smartvs*, carros e *smartwatches*.

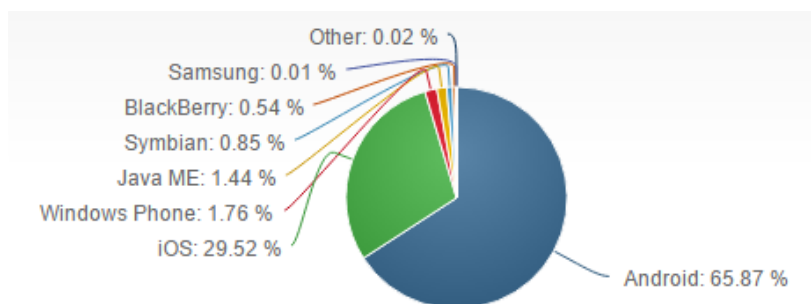


Figura 3.1: Distribuição dos sistemas operativos móveis em Dezembro 2016 [NET]

A Google disponibiliza o Android SDK que é um conjunto de ferramentas que permite o desenvolvimento e *debug* de aplicações Android, contém todas as bibliotecas e outras ferramentas necessárias. O Android Studio é o ambiente de desenvolvimento integrado oficial para Android, tendo como linguagem de programação o Java e especificação das interfaces de utilizador o XML.

O Android foi escolhido como plataforma de desenvolvimento dada a sua popularidade. Também se considera que o desenvolvimento será mais rápido pela facilidade em aceder à documentação e código exemplo disponibilizados pela Google. Por fim, também se teve em atenção a experiência e conhecimento prévio do autor no desenvolvimento para Android e utilização do Java como linguagem de programação. Este foi o principal fator na decisão de desenvolver a aplicação em linguagem nativa. Embora esta escolha permita a utilização mais eficiente de todas as funcionalidades do Android, perde-se uma parte considerável de utilizadores que usam outras plataformas, destacando-se o IOS<sup>1</sup> com cerca de 30% dos utilizadores.

### 3.1.2 Aplicações existentes

Existem atualmente várias aplicações com objetivos educativos para as várias plataformas: Android, IOS e Windows. A tabela 3.1 contém um conjunto de aplicações existentes.

Tabela 3.1: Aplicações e características

Aplicação	Letras	Números	Palavras	Animações	Som	Erros	Avaliação
<a href="#">Cursive Writing Wizard Letters [L'E]</a>	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Binária
<a href="#">School Writing learn to write [dpl]</a>	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não tem
<a href="#">LetterSchool [Lea]</a>	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Binária
<a href="#">Handwriting, ABC Learning [Ste]</a>	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não	Binária
<a href="#">Letter Writing [Sol]</a>	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não	Binária
<a href="#">ABCs Imprimir escrita HWT [Tea]</a>	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Não tem
<a href="#">Crianças Aprenda a escrever [Sof]</a>	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Não	Binária
<a href="#">ABC Kids - Tracing &amp; Phonics [Appf]</a>	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não	Binária
<a href="#">Learn to Write Letters Numbers [Muf]</a>	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Não	Binária
<a href="#">Alfabeto da escrita [App]</a>	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Não tem
<a href="#">Aprender Alfabeto [Apr]</a>	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não	Não tem
<a href="#">iTraceApp [Dev]</a>	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Binária
<a href="#">Wet-Dry-Try [Incb]</a>	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Escala 1 a 3
<a href="#">Write-On-Handwriting [LLC]</a>	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Binária

Estas aplicações focam-se normalmente em ensinar de uma forma cativante e interessante recorrendo a um conjunto de animações, histórias e efeitos sonoros. Estas aplicações pretendem ensinar as letras, números e em alguns casos palavras e formas geométricas. Apresentam cada letra de forma separada e em alguns casos utilizam o som para ensinar o nome da letra e dar um exemplo de utilização da mesma.

Uma característica comum à maioria das aplicações é que não são capazes de avaliar os exercícios sem ser de uma forma binária, ou seja, certo ou errado. Nestas aplicações a criança tem um

<sup>1</sup>Sistema operativo da Apple

conjunto de pontos que tem de seguir numa determinada ordem e é isso que dita se o exercício está certo ou não. Em algumas destas aplicações não é propriamente possível escrever, em vez disso o que acontece é que por exemplo à medida que o utilizador passa o dedo perto de uma trajetória pré-definida para a letra essa trajetória vai sendo desenhada. Assim, é impossível verificar as diferenças entre a trajetória modelo e a desenhada pelo utilizador, o que impede a identificação dos principais problemas uma vez que a letra está sempre certa. A aplicação Wet-Dry-Try é a única que dá a nota numa escala quantitativa e para isso tem em conta a ordem dos pontos seguida e se o desenho está dentro das fronteiras definidas.

É de notar que o conteúdo de todas as aplicações se encontra em inglês, não sendo possível, em nenhuma delas, a aprendizagem das letras manuscritas ensinadas em Portugal. Outra funcionalidade comum a um pequeno subconjunto é a possibilidade de criação de múltiplos utilizadores.

## 3.2 Revisão científica

### 3.2.1 Avaliação da qualidade da letra

Para ensinar a escrever corretamente é necessário, demonstrar o processo de desenho de uma letra, avaliar e corrigir o que foi escrito. Os sistemas de avaliação da qualidade de símbolos tem normalmente a arquitetura presente na Figura 3.2. A partir do símbolo a avaliar são extraídas

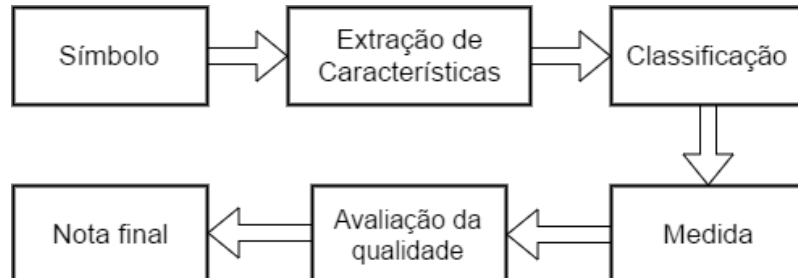


Figura 3.2: Arquitetura comum de um avaliador de símbolos

características que são utilizadas por um classificador para reconhecer e classificar. Deste último passo resulta uma única medida que é utilizada como nota final ou várias classificações em relação a diferentes aspetos como a forma, posição e o tamanho. De seguida, um avaliador utiliza essas mesmas classificações para atribuir a avaliação final. Por vezes na fase de “Classificação” admite-se que o símbolo a avaliar é conhecido, por exemplo se se pede para desenharmos a letra “a”, quando isso não acontece também é necessário fazer o reconhecimento do símbolo.

Victor Kulesh, Kevin Schaffer, Ishwar Sethi e Mark Schwartz [KSSS01] apresentaram uma solução onde utilizam redes neurais [RN10] e um *Expert System* (Figura 3.3). Esta metodologia usa como base as regras utilizadas por profissionais para avaliar a qualidade das letras numa escala de 1 a 5, tendo como parâmetros de avaliação a forma, tamanho, inclinação e posição da letra desenhada.

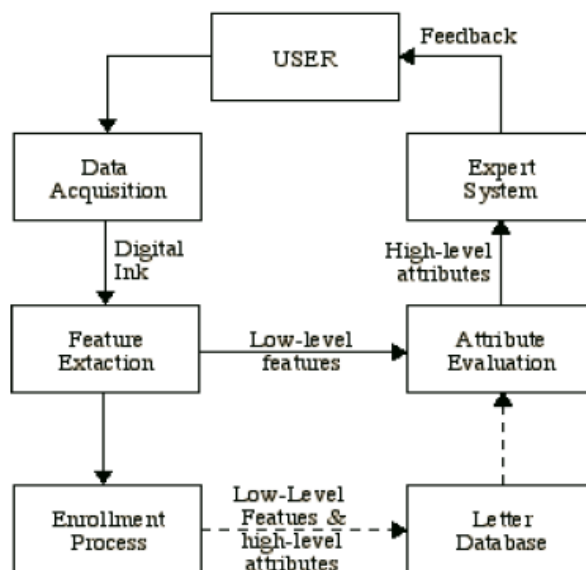


Figura 3.3: Arquitetura da solução de Victor Kulesh et al.[KSSS01]

O sistema funciona da seguinte forma: primeiro o utilizador desenha a letra pedida e o dispositivo guarda informação relativa aos segmentos desenhados, ou seja, para cada segmento guarda os pontos e cada ponto caracteriza-se pela sua posição e tempo. De seguida são extraídas 19 características de baixo nível, por exemplo distribuição de largura, altura, largura, rácio altura–largura, *zero-crossings*<sup>2</sup>, etc. Estas características são depois utilizadas por quatro redes neuronais para classificar a letra em cada um dos quatro aspetos pretendidos: forma, tamanho, inclinação e posição. Por fim, o *expert system* usa as classificações anteriores para decidir a nota final da letra e ainda dar *feedback* ao utilizador sobre os principais pontos a melhorar. Este sistema apresenta resultados muito interessantes. No entanto, dada a necessidade de ter quatro redes neuronais por cada letra faz com que seja necessário um número elevado de dados de treino. A construção da base de dados é difícil porque é necessário recolher informação relativa à forma, tamanho, posição, inclinação e avaliação global por profissionais de educação. Para além disso, é preciso criar as regras do *expert system* de acordo com as regras utilizadas pelos profissionais para decidir a avaliação global. [KSSS01]

Yan Gao, L. Jin e Nanxi Li [GJL11] propõe também um sistema semelhante (ver Figura 3.4) para a avaliação de caracteres chineses. Para obter as características, estes autores, usam o método *8-directional feature* – descrito na secção 3.2.2.2 – que consiste em calcular para cada ponto de amostragem o vetor direção, este método é muito usado no reconhecimento online de caracteres chineses [GJL11]. Estas características são depois utilizadas pelo classificador *Modified Quadratic Discriminant Function*<sup>3</sup> (MQDF) [HS07] para reconhecer o símbolo escrito. Com base no símbolo reconhecido calculam a confiança no reconhecimento de acordo com a distância calculada pelo

<sup>2</sup>Número de vezes que cada linha de referência é intercetada

<sup>3</sup>Classificador probabilístico assente no teorema de Bayes

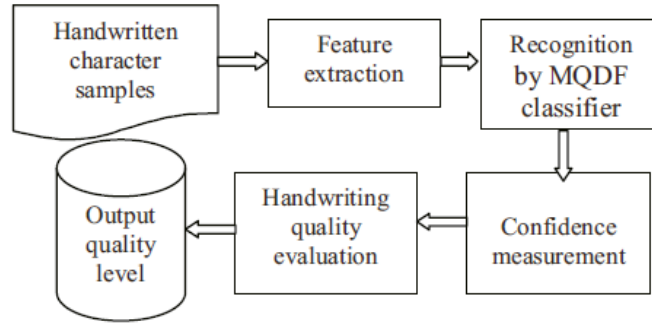


Figura 3.4: Arquitetura da solução de Yan Gao et al. [GJL11]

classificador MQDF. O valor da confiança é utilizado para obter a avaliação final que é calculada com base numa tabela que indica para cada intervalo de confiança uma nota de A a E. Os intervalos de confiança e respetiva nota são calculados na fase de treino com base na média e variância da confiança de reconhecimento dos dados de treino.

Manuel Bouillon e Eric Anquetil [BA15] criaram um sistema de avaliação da qualidade das letras para utilização na aplicação *IntuiScript* (Figura 2.6). Este método é baseado na utilização de um sistema evolutivo de inferência difusa chamado Evolve [AA11]. Este classificador tem a vantagem de ser capaz de aprender com base em poucos dados, 2 ou 3 exemplos por classe, e aprender incrementalmente em tempo real. Esta característica permite ainda a adição de novas classes, como novas letras, números ou outra qualquer forma geométrica. [BA15]

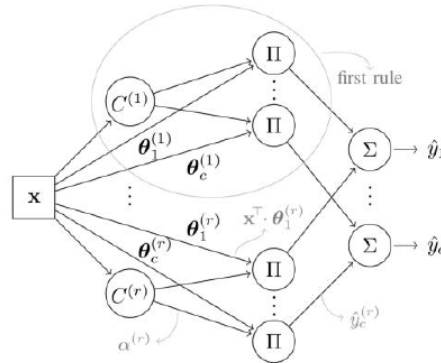


Figura 3.5: *Fuzzy inference system* de Manuel Bouillon e Eric Anquetil [BA15]

Os aspetos que estes autores pretendem avaliar são a forma, direção e ordem do desenho da letra em relação ao molde dessa letra. Para isso, definiram à priori diferentes conjuntos de características que serão utilizados para avaliar cada um dos aspetos. As características utilizadas para classificar cada um dos aspetos foram obtidos com base no conjunto de características HBF49 [DA13] que contém 49 características generalizadas capazes de classificar um número muito diversificado de símbolos, este conjunto é descrito com mais detalhe na secção 3.2.2.2. Os conjuntos de características de cada molde das letras é mapeado num *feature set* e com base nisso

são criados *clusters* que representam o protótipo de cada letra. A partir desses *clusters* são inferidas as regras do sistema de inferência (Figura 3.5) que determinam a pertença de um novo elemento a um *cluster*. A avaliação final da letra é obtida em função de duas confianças, absoluta e relativa. A confiança absoluta mede a semelhança entre a letra desenhada e o molde correspondente, enquanto que a confiança relativa mede a diferença entre a letra desenhada e os restantes moldes.

### 3.2.2 Reconhecimento de manuscrito

A pesquisa na área de reconhecimento da escrita começou nos anos 60 e as técnicas de reconhecimento podem-se dividir em dois tipos, online e offline [TKA13]. No reconhecimento offline

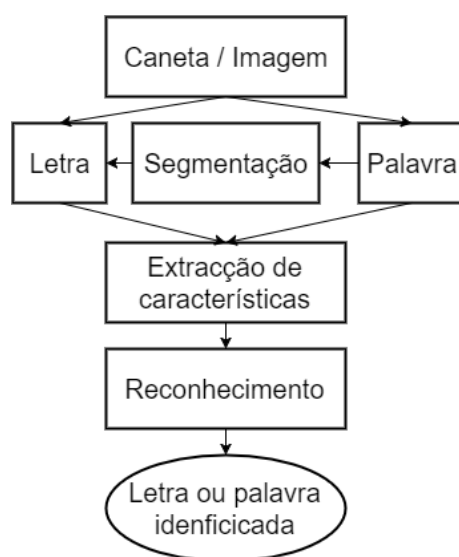


Figura 3.6: Reconhecimento de caracteres adaptado de: [TKA13]

só se usa a imagem como fonte de informação, enquanto que no reconhecimento online além desses dados é possível tirar partido da informação sobre o processo de escrita como a trajetória, número de segmentos, direção e ordem da escrita [GLF<sup>+</sup>09]. Tendo mais informação disponível para extrair características mais relevantes leva a que normalmente o reconhecimento online obtenha melhores resultados [SSE96] e seja mais eficaz do que a simples utilização de OCR [CJ01].

Na Figura 3.6 podem observar-se as principais etapas no processo de reconhecimento de caracteres: segmentação, extração de características e reconhecimento.

#### 3.2.2.1 Segmentação de caracteres

A segmentação de caracteres consiste em separar os caracteres que formam uma palavra. A utilização desta técnica é um pré-requisito em vários métodos de reconhecimento de caracteres, que só identificam um símbolo de cada vez, e a sua eficácia afeta diretamente a fase de reconhecimento pois uma segmentação errada poderá levar a uma classificação incorreta.



Em [VV14] e [TKA13] são apresentados dois estudos de diversas técnicas de segmentação de caracteres que são detalhadas de seguida.

- **Análise dos espaços em branco:** consiste em criar caixas delimitadoras em volta dos caracteres analisando os espaços, sendo mais eficaz quando os caracteres das palavras não estão sobrepostos ou ligados. Pode-se utilizar este método para reduzir o espaço de pesquisa antes de aplicar outras técnicas.
- **Análise da projeção vertical:** construir um gráfico em que se apresenta para cada coluna o número de píxeis pintados. Pode-se usar a projeção vertical para identificar os espaços em branco ou utilizar o rácio entre a segunda derivada da curva da projeção e a sua altura para decidir onde segmentar. Este método é sobretudo útil nos casos em que o símbolo tem segmentos que se sobrepõem ou intersejam.
- **Segmentação de regiões:** encapsular regiões em caixas delimitadoras e de seguida utilizar uma análise dessas mesmas caixas, como medidas e rácio altura-largura para dividir ou juntar regiões. Esta técnica é útil quando se conhece à partida o número de caracteres presentes, por exemplo na extração de códigos postais.
- **Segmentação online:** utilizar uma combinação de técnicas como *template matching* [Bru09] e programação dinâmica para segmentar os caracteres à medida que são desenhados pelo utilizador.
- **Utilização de primitivas:** descrever cada símbolo possível como um conjunto de formas elementares, por exemplo: segmentos convexos e côncavos ou linhas, arcos e círculos. Tenta-se depois identificar a presença destas formas para fazer a segmentação.
- **Reconhecimento de ligações:** uma vez que as ligações entre letras têm normalmente um conjunto finito de formas conhecidas, pode-se tentar descobrir a localização das ligações para fazer a segmentação. Um exemplo consiste em procurar pontos de vales adjacentes à linha de referência que possuem tangentes paralelas a essa linha.

### 3.2.2.2 Extração de características

A extração de características é uma forma de reduzir os dados de entrada recolhendo apenas os padrões ou dados mais importantes e que melhor distinguem ou caracterizam os caracteres a reconhecer.

Em Adrien Delaye e Eric Anquetil [DA13] é discutida a divisão de características utilizadas pelos métodos de reconhecimento de caracteres de quatro grupos principais: baseadas na imagem, baseadas na estrutura, baseadas na trajetória ou híbridas. As características baseadas na imagem utilizam apenas a informação visual do símbolo para o seu reconhecimento, extraindo padrões visuais como arestas, cantos e linhas. Já as características estruturais permitem segmentar cada símbolo em estruturas primitivas, para facilitar o processo de segmentação das primitivas usam

como principal fonte de informação o processo de desenho da letra como a velocidade da caneta, ordem de escrita e número de segmentos. As características da trajetória calculam-se também através do número de segmentos, direções da escrita, pressão, velocidade e número de vezes em que se levanta a caneta. As características híbridas caracterizam-se pela utilização de características dos tipos anteriores em simultâneo. Estes autores [DA13] criaram um conjunto de 49 características híbridas e generalizadas que permitem a caracterização de um vasto número de caracteres de diferentes sistemas, nomeado *heterogeneous baseline featureset* (HBF49). O principal objetivo destes autores foi criar um conjunto de características que pode ser usado de forma generalizada e assim permitir que se avalie a eficiência de diferentes métodos de reconhecimento de caracteres em vários *datasets* sem a necessidade de adaptar as características ao sistema de caracteres de cada *dataset*. Como já foi referido anteriormente, Manuel Bouillon e Eric Anquetil [BA15] utilizaram um subconjunto de características do HBF49 para reconhecer e avaliar letras manuscritas em França.

No caso de reconhecimento de caracteres chineses é muito usado o método *8-directional feature* que consiste em calcular para cada ponto de amostragem o vetor direção segundo um referencial de 8 direções (Figura 3.7) [GJL11]. Assim, a escolha das características a utilizar depende da informação disponível, do tipo de caracteres a reconhecer e do algoritmo de reconhecimento que se utilizará.

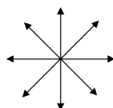


Figura 3.7: Referencial *8-directional feature* [MPKA12]

É possível automatizar a extração de características em algumas arquiteturas, principalmente quando se utiliza apenas a imagem. As redes neurais de convolução são um exemplo desses, estas extraem características automaticamente e partem de características de baixo nível na primeira camada e vão subindo na hierarquia até à classificação do símbolo.

### 3.2.2.3 Métodos de reconhecimento

O objetivo da fase de reconhecimento consiste em avaliar o conjunto de características recebidas e usar o(s) modelo(s) construídos durante a fase de treino para identificar o símbolo ou palavra da entrada. O reconhecimento de palavras pode ser abordado de duas formas, reconhecer a palavra completa recorrendo muitas vezes à utilização de dicionários que é pouco eficiente em vocabulários muito extensos, ou formar a palavra recorrendo ao reconhecimento individual dos seus caracteres, que leva ao problema de segmentação dos caracteres que compõe a palavra.[GLF<sup>+</sup>09]

A técnica mais popular nesta área é a utilização de *Hidden Markov models* (HMMs) [RN10] dada a sua capacidade de reconhecer e segmentar ao mesmo tempo. [PF09, MPKA12, SD05, SBP14, AMG07]. A utilização desta técnica surgiu depois dos bons resultados obtidos no reconhecimento da fala [GLF<sup>+</sup>09]. A proposta de [MPKA12] para a classificação de caracteres

ingleses e coreanos passa pela utilização de uma rede de HMMs em que há um modelo para cada letra e cada ligação, sendo que a ligação é a trajetória da caneta levantada entre os vários segmentos da letra. Outro exemplo da utilização de HMM é [AMG07] em que o reconhecimento é feito ao nível dos segmentos. Define-se um conjunto de segmentos simples capazes de caracterizar qualquer letra e os HMMs representam cada letra como os segmentos que são necessários para a compor.

*Recurrent neuronal network* (RNN), que é um tipo de rede neuronal em que todos os neurónios comunicam entre si [Gro13], é outro método bastante eficaz. A. Graves et al. [GLF<sup>+</sup>09] apresentam uma solução baseada em RNN que é capaz de utilizar o contexto e um dicionário para reconhecer palavras online sem a necessidade de as segmentar previamente em caracteres. Além disso a existência do contexto e dicionário permite a redução do número de possibilidades no reconhecimento de certos caracteres da palavra. Por exemplo na Figura 3.8 pode-se verificar que seria mais difícil identificar a letra “n” senão fosse dado o contexto.

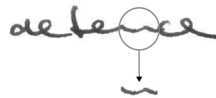


Figura 3.8: Exemplo de utilização do contexto no reconhecimento do “n” [GLF<sup>+</sup>09]

*Template matching* é também um método utilizado para o reconhecimento de caracteres [KS05, CJ01]. Scott D. Connell e Anil K. Jain [CJ01] propuseram uma abordagem baseada nesta metodologia com uma medida de distância entre caracteres. Para calcular a distância primeiro há um pré-processamento para redução do ruído e para ajustar o número de pontos que constitui o símbolo, de seguida os símbolos são alinhados e soma-se a distância entre cada par de pontos correspondentes nos dois caracteres. São criados vetores de características constituídos pela distância entre cada par de caracteres existentes, com base nesse conjunto de características usam *k-nearest neighbor* (kNN) [RN10] ou árvores de decisão [RN10] para classificar os caracteres novos. O algoritmo kNN tem sido também usado para classificar caracteres isolados baseado em diferentes conjuntos de características [DA13, HN04].

Além dos métodos descritos anteriormente existem outros que foram também utilizados noutras soluções, como: *Naive Bayes*, *Bayes Network*, *Multilayer perceptron*, *Simple logistic* [SSR16], *Support vector machines* [DA13, HN04, SSR16], *Dynamic time warping* [DA13], redes neuronais e regras dos conjuntos difusos [TKA13]. Muitas vezes a eficiência dos sistemas de reconhecimento é sobretudo afetada pelas técnicas precedentes, ou seja, a segmentação dos caracteres e a extração de características.

### 3.2.3 Identificação de dificuldades de aprendizagem

Saber escrever é uma habilitação necessária para adquirir e aplicar o conhecimento e as dificuldades de aprendizagem causam um atraso no desenvolvimento da escrita, causando baixas de

autoestima e dificuldades nas relações pessoais. A identificação destas dificuldades o mais cedo possível é importante para evitar problemas maiores no futuro.

Tiago Falk, Cynthia Tam, Heidi Schellnus e Tom Chau [FTSC11] apresentam uma ferramenta de identificação de dificuldades na escrita. Para tal, foi desenvolvido um *hardware* dedicado constituído por um *tablet* e uma caneta capaz de recolher os pontos, tempo, pressão no *tablet* e a força de aperto. O método utilizado para identificar as dificuldades na escrita usa os mesmos princípios do teste *Minnesota Handwriting Assessment* (MHA)[Rei99, Rei93], normalmente realizado em papel e com a avaliação dada por um profissional. Neste teste os alunos têm 2.5 minutos para copiar a frase “*the quick Brown fox jumped over lazy dogs*” que é composta por palavras simples e curtas, mas contém todas as letras do alfabeto. Os estudantes escrevem cada letra separadamente, o que permite segmentar a letra facilmente tendo em conta o espaçamento entre elas. No fim do teste o aluno obtém uma das seguintes classificações: “desempenho igual aos colegas”, “desempenho um pouco abaixo dos colegas”, “desempenho muito abaixo dos colegas”, ou seja, o teste é realizado com um conjunto de alunos que recebe uma das três classificações conforme o resultado de cada um comparativamente com os restantes. Para cada letra desenhada é calculada a caixa delimitadora e as suas medidas: altura, largura e centro de massa. Usando estes dados e outras medidas como distâncias entre centros de massa sucessivos e distâncias entre letras estes autores [FTSC11] usaram as seguintes métricas para avaliar cada componente do teste:

**Forma:**

- Média do rácio altura-largura para as letras grandes<sup>4</sup>;
- Média do rácio altura-largura para as letras pequenas<sup>5</sup>;
- Rácio entre as duas medidas anteriores que deve ser o mais próximo possível do valor 2.

**Alinhamento:**

- Média dos ângulos médios entre centros de massa sucessivos da mesma palavra;
- Desvio padrão dos mesmos ângulos.

**Tamanho:**

- Coeficiente da variação da altura das letras;
- Rácio entre média da altura das letras grande e pequenas.

**Espaço:**

- Média da distância entre letras;
- Média da distância entre letras da mesma palavra.

**Tempo:**

- Duração média por segmento;
- Desvio padrão da duração por segmento;

---

<sup>4</sup>Letras que ocupam duas linhas, como: g, t, j, etc.

<sup>5</sup>Letras que ocupam uma linha, como: a, e, m, etc.

- Tempo total no ar (caneta levantada).

### Força de aperto:

- Valor quadrático médio (*root-mean square*) da força;
- Desvio padrão da força.

S. Djeziri, W. Guerfali, R. Plamondon e J.M. Robert [DGPR02] apresentam uma forma de avaliação da fluência da escrita comparando as velocidades de escrita do aluno com a de um modelo criado pelo desenho da letra de um professor. Para isso, estes autores sugerem que depois de normalizar as duas velocidades se calcule o erro quadrático entre elas. Na secção 3.2.1 foram já apresentados métodos de avaliar a forma da letra em relação a um modelo que também podem ser utilizadas para identificar dificuldades na escrita. Estas medidas relacionadas com a forma das letras e os espaçamentos podem ser utilizadas para a identificação de disgrafia.

Pode-se alertar para a existência de disortografia quando, analisando a escrita em relação ao seu conteúdo, se encontram com frequência as principais dificuldades de pessoas com este transtorno, apresentadas anteriormente na secção 2.2.

Para tentar identificar dificuldades relacionadas com dislexia – apresentadas na secção 2.2 – além de se analisar a frequência com que o aluno comete erros relacionados com este transtorno, podem-se utilizar exercícios especificamente desenvolvidos para esse efeito. Estes exercícios caracterizam-se por avaliar as competências e conceitos espaciais do aluno como as dificuldades na presença de objetos/letras que são simétricos, como por exemplo as letras “b”, “d”, “p” e “q” (exemplo Figura 3.9). Utilizando os resultados destes exercícios e um conjunto de dados de

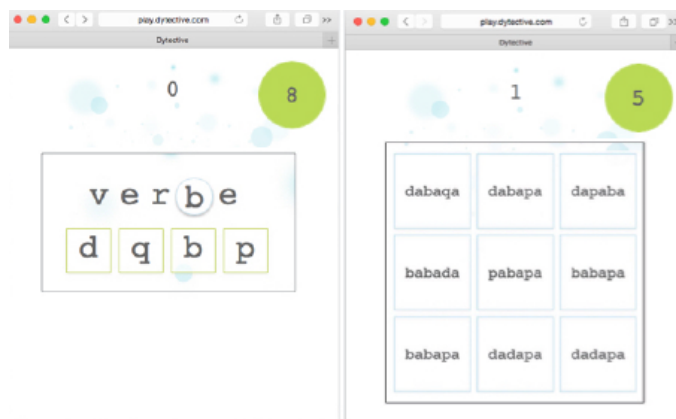


Figura 3.9: Exemplo de exercícios [RBA<sup>+</sup>16]

treino, incluindo alunos com e sem dislexia, é possível prever a presença de dislexia em alunos usando modelos construídos com base em técnicas de extração de conhecimento, como *Logistic regression* [LJLBJC<sup>+</sup>11] ou *Support vector machines* [RBA<sup>+</sup>16].

### 3.3 Conclusões

A utilização de aplicações por crianças é uma prática comum e acontece cada vez mais cedo. A quantidade de aplicações disponíveis é também bastante variada e há uma procura nestas idades por aplicações com objetivos educativos. No entanto as aplicações existentes não tiram partido de todas as capacidades dos dispositivos móveis para ter vantagem em relação a um livro. Ter animações e vídeos é certamente mais cativante para uma criança, mas isso não significa necessariamente que aprenderá mais, principalmente quando a aplicação não é capaz de dar um *feedback* importante e rigoroso em relação aos principais erros cometidos.

Existem vários métodos que permitem avaliar e reconhecer a escrita e que aliados às capacidades de um *tablet* permitem a realização de exercícios com correção automática em tempo real, sendo uma grande vantagem em relação ao livro. Uma aplicação é capaz de ter os mesmos exercícios, de forma mais cativante, e um “professor” sempre disponível para os corrigir. Além disso, a utilização do som permite que o aluno utilize o dispositivo de forma mais autónoma, para que aprenda sem necessitar de supervisão permanente. Este facto pode ajudar no aumento da confiança e autoestima, porque pode repetir o exercício quantas vezes quiser sem a pressão de outra pessoa. Além disso e ao contrário dos livros é possível ajustar a sequência e dificuldade dos exercícios conforme o seu ritmo de aprendizagem.

Por fim, a identificação automática de dificuldades de aprendizagem é uma mais valia pois além de não ser uma avaliação subjetiva pode acontecer mais cedo. Uma aplicação com estas características poderá ter bastante potencial no auxílio à aprendizagem da língua portuguesa.

## Capítulo 4

# Especificação da aplicação

Esta dissertação tem como objetivo o desenvolvimento de uma aplicação Android para auxiliar alunos na aprendizagem da escrita em português. A aplicação conta com um conjunto de exercícios destinados a crianças que frequentam a educação pré-escolar e o primeiro ano do ensino básico. Estes exercícios abordam temas como: noções<sup>1</sup>, cores, padrões, sequências, números, conjuntos, grafismos<sup>2</sup>, figuras geométricas e outros temas transversais<sup>3</sup>, no nível da educação pré-escolar. Já nos conteúdos destinados ao primeiro ano, o aluno pode aprender as letras, a formar palavras, a construir frases simples e por fim pode treinar a compreensão oral.

Neste capítulo pretende-se especificar a aplicação, assim apresenta-se os requisitos de utilizador, a arquitetura física da solução, o modelo conceptual, a estrutura da base de dados, o fluxo de atividades e as *user stories*.

### 4.1 Análise de requisitos

A aplicação tem dois tipos diferentes de utilizador: o aluno e o professor. Apresenta-se na Figura 4.1 o diagrama de casos de uso da aplicação.

O aluno é o principal utilizador e usa-a para resolver exercícios e aprender. Entre outras funcionalidades, este pode seleccionar o nível dos exercícios e o exercício que quer resolver, posteriormente pode consultar essa mesma resolução e a classificação obtida. No sentido de tornar possível o uso da aplicação por alunos que não consigam ler, a mesma contém informação sonora para explicar os conteúdos necessários.

O professor pode acompanhar o desempenho do aluno através das estatísticas geradas ou consultando a resolução dos exercícios. Este pode ainda criar novos utilizadores na aplicação de modo a preservar o histórico de cada aluno.

A aplicação conta ainda com os seguintes requisitos técnicos:

---

<sup>1</sup>Noções como: em cima, em baixo, grande, pequeno, etc.

<sup>2</sup>Desenhos a tracejado com o principal objetivo de treinar a destreza do movimento com a caneta.

<sup>3</sup>Temas transversais como: alimentação, natureza, segurança, etc.

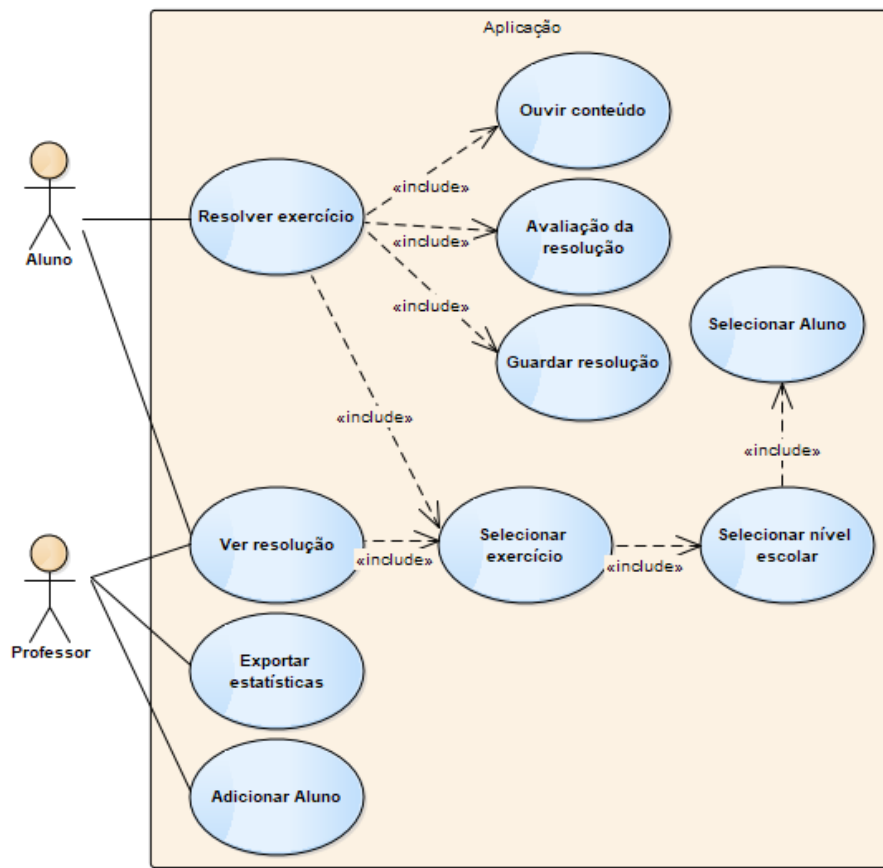


Figura 4.1: Diagrama de casos de uso da aplicação

- Ensinar as letras e números usando os mesmos modelos ensinados nas escolas portuguesas;
- Exercícios enquadrados nas metas curriculares estabelecidas pelo Ministério da Educação;
- Funcionamento em modo *offline*<sup>4</sup>;
- Filtragem dos eventos de *multi-touch*<sup>5</sup>;
- A aplicação é simples e intuitiva;
- Conteúdos adequados à idade dos utilizadores.

## 4.2 Arquitetura da solução

A arquitetura física (ver Figura 4.2) é composta pela aplicação para dispositivos Android e um servidor. Este último tem como função enviar emails com as estatísticas dos alunos para os professores, desta forma não é necessário ter um cliente de email configurado no dispositivo móvel. Os dados gerados pela aplicação são armazenados localmente, em ficheiros ou na base de

<sup>4</sup>Exceto aquando da exportação das estatísticas.

<sup>5</sup>Quando o utilizador escreve com a mão pousada em cima do *tablet* gera vários eventos. No entanto, só os eventos da caneta ou dedo indicador devem ser tidos em conta.



dados SQL, tal como será descrito na Secção 4.4. O sistema gestor de base de dados relacional usado é o SQLite, uma vez que é o único suportado pelo Android de forma nativa.

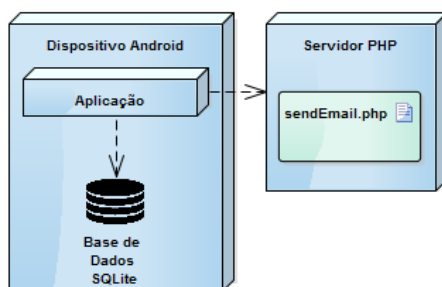


Figura 4.2: Arquitetura da solução

### 4.3 Modelo conceptual

De modo a compreender melhor o modelo conceptual da solução, é apresentada na Figura 4.3 a estrutura comum a todos os exercícios da atividade (ecrã) que os exhibe. A atividade é composta pelo título ou pergunta do exercício, um conjunto de botões e uma vista onde são apresentados os conteúdos do exercício como: figuras, textos e questões.



Figura 4.3: Ecrã de um exercício

Na Figura 4.4 está presente o modelo conceptual simplificado com as classes principais da aplicação, ou seja, aquelas que compõem o ecrã descrito anteriormente e que permitem a exibição e resolução dos exercícios. O comportamento da atividade e da vista é igual em todos os exercícios e consiste em capturar os eventos do utilizador, reencaminha-los para o exercício e reagir de acordo com os pedidos deste. Assim, o modelo conceptual é composto por uma atividade (classe *ExBaseActivity*), uma vista (classe *ExBaseView*) e diferentes tipos de exercícios (classe *ExBaseModel* e suas subclasses).

A classe *ExBaseActivity* é uma subclasse de *Activity*, que pertence à biblioteca do Android, e é responsável pela criação de uma nova janela que exhibe uma interface e permite a interação do

## Especificação da aplicação

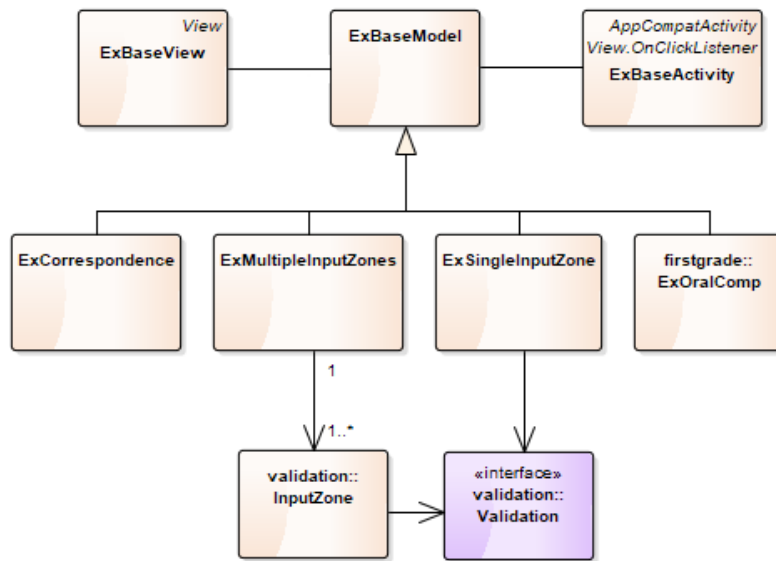


Figura 4.4: Modelo conceptual UML com classes principais simplificado

utilizador com a mesma. É ainda responsável por exibir o título e a vista e por capturar os eventos dos botões.

A classe *ExBaseView* é uma subclasse de *View*, também uma classe do Android. Uma *View* é o bloco básico de construção de um componente da interface. É uma área retangular no ecrã responsável por desenhar um dado conteúdo e capturar eventos nessa área. A classe *ExBaseView* desenha e responde aos eventos conforme o exercício. Esta classe implementa um algoritmo simples, que será abordado na Secção 5.3.1, para que na presença de vários toques no ecrã em simultâneo, escolha aquele que tem mais probabilidade de ser proveniente da caneta ou do dedo indicador.

A classe *ExBaseModel* é a classe base de um exercício e implementa uma resposta padrão aos eventos dos botões e da vista. Esta classe define um exercício que exibe um ecrã em branco onde é possível escrever e efetuar outras operações como mudar a cor da caneta, apagar, guardar e posteriormente recuperar o que foi escrito.

A classe *ExCorrespondence* serve para criar exercícios de correspondência, ou seja, exercícios em que o aluno tem de estabelecer a ligação entre elementos de dois conjuntos. Por exemplo, no nível pré-escolar há vários exercícios em que o estudante tem de ligar um conjunto de imagens ao número que indica a quantidade de objetos presentes nas imagens.

A classe *ExSingleInputZone* difere de *ExBaseModel* no facto de submeter o *input* do utilizador a uma validação. Existem vários tipos de validação e serão abordados na Secção 5.4.

A classe *ExMultipleInputZones* implementa o mecanismo base de exercícios que têm diferentes zonas de entrada no ecrã (classe *InputZone*), onde o aluno deve escrever, com uma validação por zona. Estas validações podem ou não ser de tipos distintos. Um exemplo deste tipo de exercícios são aqueles em que o aluno tem de escrever as letras em falta na legenda de uma imagem. Neste caso, existe uma zona de entrada por letra em falta.

A classe *ExOralComp* destina-se aos exercícios que avaliam a compreensão oral dos estudantes. Para isso, é reproduzido um texto e conjunto de questões de escolha múltipla, para as quais o aluno deve selecionar a alínea correta.

Existem depois várias classes que herdam de *ExBaseModel*, *ExCorrespondence*, *ExSingleInputZone* ou *ExMultipleInputZones* para implementar os diferentes tipos de exercícios presentes na aplicação, por simplicidade estas classes foram omitidas do modelo conceptual apresentado. Na Figura A.3 do anexo é apresentado o modelo conceptual que também inclui as restantes classes de exercícios.

## 4.4 Estrutura da base de dados

A aplicação guarda dados que permitem distinguir os diferentes alunos e ainda a resolução dos mesmos de cada exercício. Para armazenar a informação dos alunos e a sua classificação em cada exercício são usadas duas tabelas numa base de dados SQL – ver Figura 4.5. A tabela *users* tem

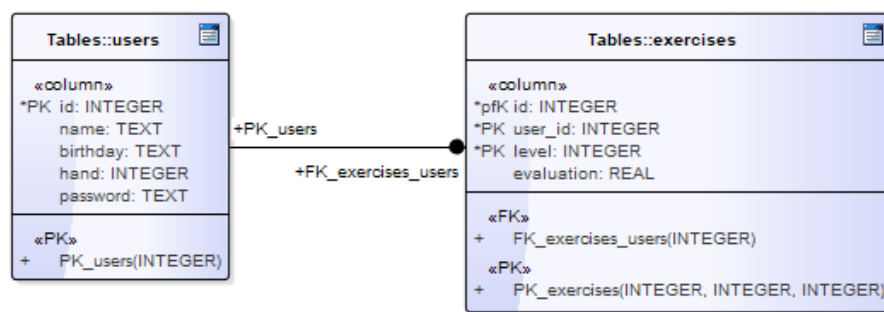


Figura 4.5: Estrutura das tabelas com os dados dos alunos

colunas para guardar o nome e data de nascimento do aluno e a palavra-passe de acesso aos seus exercícios. Além disso, tem ainda a coluna *hand* que indica se o aluno é destro ou canhoto. Esta informação é usada pelo algoritmo desenhado para filtrar os eventos em caso de *multi-touch*, que será abordado na Secção 5.3.1. A tabela *exercises* guarda a classificação obtida por aluno em cada exercício dos diferentes níveis existentes na aplicação.

A resposta dada em cada exercício é guardada em ficheiros serializados uma vez que o tipo de informação a armazenar varia conforme o tipo do exercício. Guardam-se apenas os dados que permitem mais tarde recuperar a resolução feita pelo aluno. Em alguns casos é necessário guardar o que foi escrito/desenhado, enquanto noutros basta um valor que indique se o aluno respondeu corretamente. Neste sentido, é usado o mecanismo de serialização da linguagem Java para converter os objetos em sequências de *bytes*, posteriormente guardadas em ficheiros. Utiliza-se o mecanismo de desserialização para fazer a operação inversa e assim recuperar a informação guardada.

A Figura 4.6 mostra a estrutura de dados escolhida para representar as formas desenhadas no ecrã pelo utilizador. Uma forma (*Shape*) é uma lista de segmentos (*Stroke*), sendo que um

segmento é uma lista de pontos (**Point**) desenhados durante cada contacto contínuo entre a caneta/dedo e o ecrã. Há um segmento novo sempre que o aluno levanta a caneta. Cada segmento tem uma cor e espessura conforme a cor e ferramenta de escrita, caneta ou pincel, seleccionadas pelo utilizador.

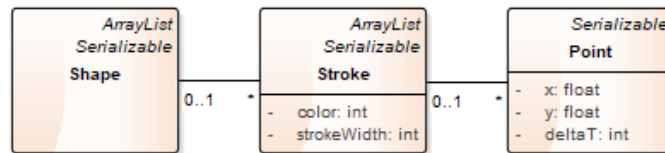


Figura 4.6: Estrutura de dados para o *input* do utilizador

A sequência de exercícios de cada nível é definida num ficheiro XML. Para alterar a sequência basta editar o conteúdo desses ficheiros. Cada entrada do ficheiro é um elemento que indica o tipo do exercício e ainda os argumentos necessários. No Código 4.1 está um exemplo com a definição dos dois exercícios presentes na Figura 4.7.

```

1 <?xml version='1.0' encoding='UTF-8' standalone='yes' ?>
2 <EXERCISES>
3   <ExLetter ID="1" IMG="igreja.png" LETTER="i" SOUND="i1" TITTLE="Letra: i " WORD="
      igreja" XML_FILE="i-105-manuscrito-0.xml" />
4   <ExCopyPhrase ID="109" IMG="ana.png" QUESTION="A Violeta tem uma vitela." SOUND="
      intro" TITTLE="Copia a frase " />
5 </EXERCISES>
  
```

Código 4.1: Exemplo definição da sequência de exercícios em XML

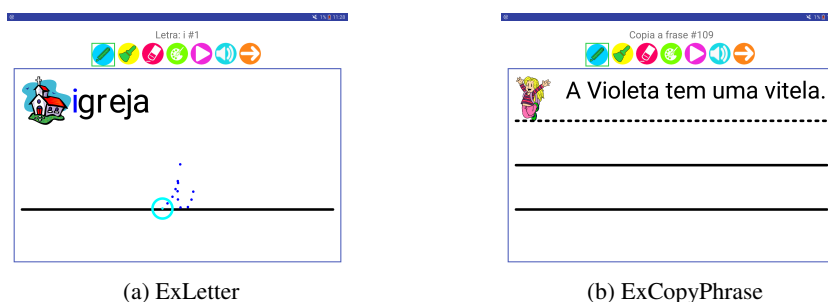


Figura 4.7: Exercícios definidos em XML no Código 4.1

## 4.5 Fluxo de atividades

No diagrama da Figura 4.8 são indicadas as atividades necessárias para executar as principais funcionalidades da aplicação: exportar as estatísticas do aluno, adicionar um aluno novo, resol-

## Especificação da aplicação

ver exercícios e ver as resoluções anteriores. Sendo que as duas primeiras funcionalidades são destinadas aos professores. Em qualquer passo é possível voltar para o anterior. No entanto, esta informação foi omitida do diagrama para simplificar a leitura.



Figura 4.8: Diagrama fluxo de atividades

Quando o utilizador inicia a aplicação pela primeira vez terá de inserir o endereço de *e-mail* e o código de segurança do professor, este será pedido mais tarde sempre que pretender entrar no modo professor. Neste modo é possível adicionar alunos, exportar estatísticas e ver as resoluções dos exercícios de todos os alunos, usando o menu da Figura 4.9a. A inserção de novos estudantes é feita através de um formulário (Figura 4.9b) e as estatísticas são exportadas para o endereço de *e-mail* do professor. Caso pretenda ver a resolução de um exercício por um aluno terá de selecionar o aluno, depois o nível de dificuldade e por fim o exercício em questão – ver Figura 4.9c.

No modo aluno, o utilizador deve selecionar o perfil do aluno que pretende utilizar e inserir a palavra-passe definida pelo professor no momento de inserção dos dados deste aluno na aplicação – ver Figura 4.9b. Depois de inserido o código correto pode selecionar o nível e o exercício que pretende resolver (Figura 4.9c). Sempre que exista uma resolução anterior pelo aluno em questão, esta será apresentada e pode ser editada.

## Especificação da aplicação

A seleção entre o modo de professor ou de aluno é feita através do menu da Figura 4.9d.

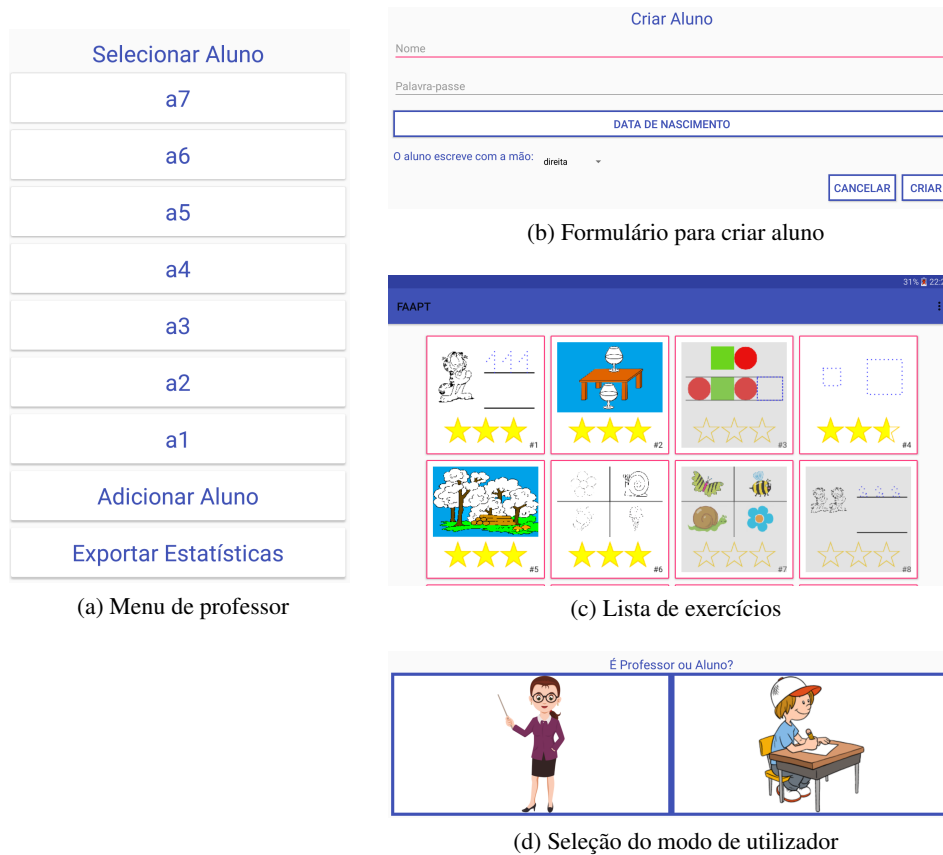


Figura 4.9: Interface das atividades

### 4.6 User Stories

De forma a descrever as funcionalidades da aplicação mais detalhadamente construiu-se a lista de *User Stories* presente na Tabela 4.1. As *User Stories* são utilizadas com frequência em várias metodologias de desenvolvimento de software para definir a ordem de implementação e lançamento das funcionalidades. Uma *user story* é uma frase na linguagem do cliente final que descreve uma necessidade com valor de negócio para o mesmo. As *user stories* estão descritas na seguinte forma:

- Como [Ator], quero [funcionalidade] para [descrição adicional, caso necessário].

A prioridade definida para cada *user storie* é fundamental para garantir que tanto quanto possível a ordem seguida na implementação das funcionalidades é a de maior valor possível para o cliente. Por vezes, as prioridades variam ao longo do desenvolvimento, conforme as necessidades do cliente em cada momento.

No caso desta aplicação, as funcionalidades mais importantes são aquelas que permitem exibir e resolver os exercícios e guardar as resoluções. Depois também é importante que a aplicação

Tabela 4.1: *User stories*

US	Descrição	Prioridade
P001	Como Professor, quero adicionar alunos.	Alta
P002	Como Professor, quero ver as resoluções dos alunos.	Alta
P003	Como Professor, quero exportar as estatísticas dos alunos por <i>e-mail</i> .	Normal
P004	Como Professor, quero ter as funcionalidades de professor protegidas por palavra-passe.	Baixa
A001	Como Aluno, quero resolver os exercícios.	Alta
A002	Como Aluno, quero escolher o nível dos exercícios.	Alta
A003	Como Aluno, quero ver a lista de exercícios.	Alta
A004	Como Aluno, quero ver a minha resolução anterior do exercício.	Alta
A005	Como Aluno, quero ver a classificação obtida no fim da resolução de cada exercício.	Alta
A006	Como Aluno, quero editar e apagar o que escrevi.	Alta
A007	Como Aluno, quero editar a minha resolução anterior dos exercícios.	Alta
A008	Como Aluno, quero poder mudar a cor da escrita.	Normal
A009	Como Aluno, quero ouvir o conteúdo dos exercícios.	Normal
A010	Como Aluno, quero escolher a ferramenta de escrita, pincél ou caneta.	Baixa
A011	Como Aluno, quero ter um código de segurança para impedir outros alunos de modificar as minhas resoluções.	Baixa

possa ser utilizada por mais do que um utilizador e que o professor consiga consultar as estatísticas de todos. Por fim, existem algumas *user stories* relacionadas com o modo de acesso, professor ou estudante, que embora sejam importantes têm menos prioridade. Isto porque senão fossem implementadas não impediriam que a aplicação fosse avaliada na fase de testes quanto ao seu objetivo principal: cativar e ajudar os alunos na aprendizagem da língua portuguesa.

## 4.7 Resumo

Os primeiros passos do desenvolvimento da solução foram apresentados neste capítulo. A análise de requisitos é especialmente importante, uma vez que é através desta análise que se identificam as principais necessidades e requisitos que influenciam diretamente todos os outros passos: a definição da arquitetura, da base de dados e também do modelo conceptual. Todas estas etapas são importantes para descrever com maior precisão a aplicação idealizada e conduzir a implementação na direção certa.

## Especificação da aplicação



## Capítulo 5

# Descrição da aplicação

Neste capítulo são apresentados detalhes relativos ao desenvolvimento da aplicação que são importantes para a compreensão do funcionamento da mesma. Sendo assim, apresentam-se os seguintes aspetos: a forma como se obtiveram os modelos usados para ensinar as letras, as considerações presentes na fase de desenvolvimento da componente gráfica dos exercícios, o processamento aplicado aos toques no ecrã e por fim a forma como são avaliadas as respostas aos exercícios.

### 5.1 Modelos das letras

Tanto no ensino das letras como na avaliação da forma das mesmas é importante utilizar modelos iguais aos que são ensinados pelos professores nas escolas portuguesas. Estes modelos têm de permitir avaliar a forma da letra quanto ao número e ordem dos segmentos, bem como a ordem dos pontos dentro de cada segmento. Para criar os modelos das letras tendo em conta os requisitos apresentados, foi desenvolvida uma pequena aplicação (ver Figura 5.1) onde posteriormente uma professora da escola EB1/JI de Paredes desenhou cada letra e número. Os desenhos são enviados em ficheiros XML (ver exemplo Código 5.1), de acordo com a estrutura apresentada na Secção 4.4 para a forma das letras, para um servidor de onde depois são transferidos manualmente para a aplicação principal.

A coordenada “y” dos pontos tem como referência a linha base, ou seja, no caso da Figura 5.1b é a linha não tracejada e tangente à base da letra “R” desenhada. Um ponto terá um “y” negativo se está a cima da linha ou positivo no caso contrário. A coordenada “x” é a distância no eixo horizontal em relação ao primeiro ponto desenhado.

O ecrã para a inserção dos modelos (Figura 5.1b) apresenta linhas de referência equivalentes a um “caderno de duas linhas”, que além das linhas normais de escrita têm linhas intermédias – ver linhas tracejadas na Figura 5.1b. Estas linhas são importantes para facilitar o desenho da letra de acordo com as regras para a dimensão e posição. Por exemplo, letras como “a” e “m” são escritas sobre a linha base e têm uma altura equivalente à distância entre a linha tracejada e a não tracejada.

## Descrição da aplicação

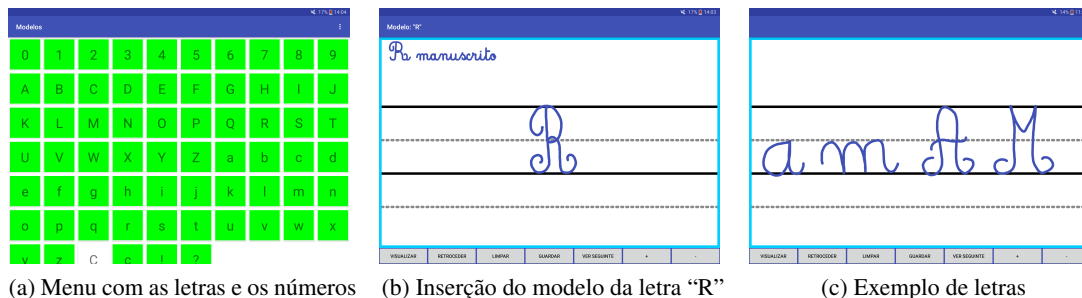


Figura 5.1: Aplicação para recolha dos modelos

```
1 <?xml version='1.0' encoding='UTF-8' standalone='yes' ?>
2 <MODEL ASCII="116" TOKEN="t">
3   <SEGMENT ID="0">
4     <POINT ID="0" X="0.0" Y="-4.6666565" deltaT="0" />
5     <POINT ID="1" X="0.0" Y="-4.0" deltaT="7" />
6     ...
7   </SEGMENT>
8   <SEGMENT ID="1">
9     <POINT ID="0" X="-3.5" Y="-116.16666" deltaT="1067" />
10    ...
11  </SEGMENT>
12 </MODEL>
```

Código 5.1: Exemplo da definição de uma forma em XML

A versão maiúscula destas letras deve assentar na mesma linha, mas ter a altura igual à distância entre duas linhas não tracejadas. Na Figura 5.1c está representado este exemplo.

## 5.2 Aspeto gráfico dos exercícios

Nesta secção, referem-se os cuidados tidos em conta durante a fase de *design* da interface dos exercícios.

A aplicação será usada sobretudo por crianças muito novas, com conhecimentos sobre a escrita muito reduzidos ou inexistentes e com pouca apetência para movimentar a caneta de forma precisa. Há que ter em atenção estas situações de modo a melhorar a usabilidade da aplicação por parte destes utilizadores. Além disso, deve-se tornar a experiência de utilização dinâmica, atrativa e animada para tentar aumentar a atenção e o interesse do aluno. Neste sentido, são usadas imagens, animações e som sempre que possível.

A falta de agilidade do movimento com a caneta faz com que a escrita tenha forma e tamanho irregular. Assim, o espaço disponibilizado para a escrita deve ser o maior possível para que o aluno não se sinta restringido pelo espaço. É importante que o estudante aprenda a controlar o tamanho da escrita de forma a respeitar as linhas, o espaço disponível e as proporções entre letras maiúsculas e minúsculas. No entanto, na fase inicial este fator deve ser menos prioritário, primeiro

deve aprender os conceitos e conseguir de alguma forma desenhar as letras. Mais tarde, quando for capaz de controlar o movimento com mais precisão, pode-se começar a impor as regras associadas ao tamanho das letras.

De modo a atrair a atenção do aluno para determinadas zonas do exercício é usado um retângulo de fundo branco e contorno vermelho – ver Figura 5.2. Este retângulo serve para indicar em que zonas o aluno tem de responder para completar o exercício.

Ao longo do desenvolvimento, foi também tido em conta o fator motivação, é necessário manter a criança motivada, interessada e divertida para que o tempo de utilização e aprendizagem seja maximizado. Assim, a avaliação dos exercícios é baseada numa margem de erro para que o aluno consiga uma boa classificação mesmo que a resolução não seja perfeita. Caso contrário, o nível de frustração causado por não conseguir resolver um exercício ou por ter classificações baixas muitas vezes, poderia levar facilmente à desistência e perda de interesse em continuar a aprender. Tendo também este fator em conta, é comum em várias situações aparecer uma indicação da resposta correta ao fim de algumas tentativas falhadas, permitindo assim que o aluno entenda porquê que está a errar e consiga progredir. Na Figura 5.2 pode observar-se que dentro da região destacada está presente um conjunto de pontos que permitem que o aluno descubra qual é a letra em falta, a solução só é apresentada ao fim de pelo menos três tentativas erradas.

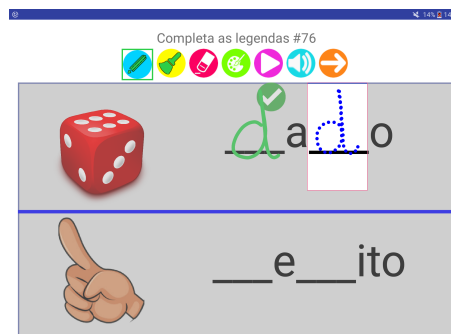


Figura 5.2: Exemplo de exercício com ajuda

### 5.3 Processamento do *input* do utilizador

Nesta secção apresenta-se a forma como são recolhidos e tratados os toques do utilizador no ecrã que levam o sistema operativo a gerar eventos, depois capturados pela aplicação. Entre outras informações, um evento tem as coordenadas da posição no ecrã e a ação associada. Esta ação indica se o aluno pousou, levantou ou moveu a caneta/dedo, sendo que a sequência mais frequente é pousar, mover várias vezes e por fim levantar.

Tal como referido na Secção 4.4, as formas desenhadas no ecrã pelo aluno são compostas por listas de segmentos (*Stroke*) que contêm um conjunto de pontos. Sempre que o aluno toca no ecrã, cria-se um novo segmento constituído pelos pontos dos eventos recebidos até que o contacto com o ecrã seja interrompido.

Além de receber e armazenar os pontos recebidos dos eventos é necessário exibir a forma desenhada pelo aluno no ecrã. Uma solução simples seria unir os pontos consecutivos de cada segmento com linhas retas. No entanto, o desenho teria variações de sentido um pouco bruscas. Isto acontece porque não são necessariamente gerados eventos para cada pixel do ecrã onde se passa com a caneta. Dependendo da velocidade do movimento, da precisão do ecrã e da capacidade de processamento do dispositivo, alguns pontos podem ser ignorados. Assim, de forma a tentar tornar a representação mais natural, com transições mais suaves entre cada ponto e mais próxima daquela que se teria conseguindo capturar eventos em todos os pixels, a exibição da forma desenhada no ecrã é feita com recurso a curvas de Bézier quadráticas. Para isso, recorre-se ao método *quadTo* da classe *Path* do Android para unir os pontos dentro de cada segmento, no Código 5.2 é possível ver o código utilizado para este efeito. Na Figura 5.3 é possível observar a diferença

```

1 Point prevPoint = new Point(0, 0, 0);
2 for (int i = 0; i < stroke.size(); i++) {
3     Point point = new Point(stroke.get(i));
4     if (i == 0) {
5         path.moveTo(point.getX(), point.getY());
6     } else {
7         float midX = (prevPoint.getX() + point.getX()) / 2;
8         float midY = (prevPoint.getY() + point.getY()) / 2;
9
10        if (i == 1) {
11            path.lineTo(midX, midY);
12        } else {
13            path.quadTo(prevPoint.getX(), prevPoint.getY(), midX, midY);
14        }
15    }
16    prevPoint = point;
17 }
18 path.lineTo(prevPoint.getX(), prevPoint.getY());

```

Código 5.2: Desenhando *input* do utilizador com curvas de Bézier.

entre a utilização de linhas e curvas de Bézier para desenhando a mesma forma no ecrã.

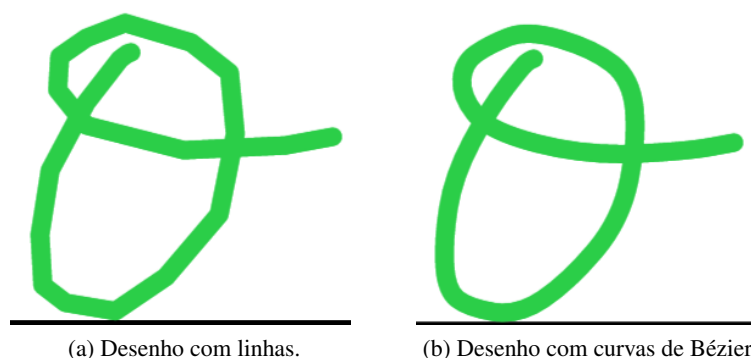


Figura 5.3: Diferença entre desenhando com linhas e curvas de Bézier.

### 5.3.1 Filtragem de *multi-touch*

Em muitas aplicações o *multi-touch* é útil para executar operações de forma fácil, rápida e intuitiva, um exemplo disto é a comum utilização de dois dedos para fazer zoom em imagens. No caso desta aplicação, o *multi-touch* é um problema dado que na maioria das vezes o aluno interage com o ecrã apenas para escrever. Quando se escreve num papel são vários os pontos de contacto entre este e a mão, o mesmo acontece ao escrever no ecrã do dispositivo. Neste caso, todos estes pontos de contacto originam eventos e é necessário decifrar quais deles correspondem à caneta ou dedo indicador para construir a forma desenhada só com base nesses eventos. A situação ideal é aquela em que se escreve mantendo apenas um ponto de contacto com o ecrã. No entanto, escrever nestas condições é mais cansativo. O processo de escrita recomendado consiste em pousar a mão no papel e mover apenas alguns dedos para controlar a caneta. Tem de ser possível escrever desta forma no dispositivo para que o aluno consiga resolver mais exercícios sem se sentir cansado.

Uma solução para este problema passa pela utilização de *hardware* específico, ou seja, *tablet* e caneta *Bluetooth Stylus*, desde que o *tablet* seja compatível com esta tecnologia. As *Bluetooth Stylus* são canetas que comunicam com o dispositivo através da tecnologia *Bluetooth*. Quando se usa um conjunto destes, *tablet* e *Bluetooth Stylus*, o sistema operativo faz uma correlação entre o tempo dos eventos e os dados da caneta para identificar aqueles que são provenientes da caneta [Inca]. Esta informação está depois disponível nos dados do evento gerado, usando o método `getTooltype()` no caso da versão 6.0 ou superior do Android é possível verificar a origem do evento. Embora esta seja a solução que garante melhores resultados é também a que está menos disponível para a maioria dos futuros utilizadores, dados os requisitos já apresentados.

Testes experimentais apontam o facto da posição relativa dos vários eventos, tendo em conta a mão com que o utilizador escreve, ser uma boa heurística para identificar qual dos eventos foi gerado pelo dedo indicador ou caneta [SoIS13]. Nesta fase, esta foi a solução escolhida para ser implementada e avaliada durante a fase de testes de usabilidade. Esta solução é bastante simples e envolve apenas duas etapas. Primeiro é necessário especificar se o utilizador escreve com a mão direita ou esquerda, esta etapa ocorre durante a fase de inserção dos dados do aluno na aplicação. A segunda etapa consiste em usar a informação anterior para escolher o evento correto na presença de *multi-touch*, isto é feito da seguinte forma:

- Se o aluno escreve com a mão direita, então escolhe-se o evento com coordenadas mais à esquerda;
- Se o aluno escreve com a mão esquerda, então escolhe-se o evento com coordenadas mais à direita.

Tendo em conta estas heurísticas foi implementado um algoritmo com base no pseudocódigo presente no Código 5.3 para que na presença de vários toques no ecrã se identifique aquele que provavelmente foi originado pelo dedo indicador ou caneta. No Código 5.3, um apontador representa um dedo, caneta ou outro ponto de contacto no ecrã e permite seguir os eventos do mesmo. Isto é importante para a partir do momento em que se marca um evento como inválido, sejam ignorados os futuros eventos do mesmo apontador (mesmo dedo, mesma zona da mão, etc.).

## Descrição da aplicação

```
1 PERCORRER lista de apontadores:
2   SE este apontador tem AÇÃO_LEVANTAR:
3     REMOVER apontador da lista de apontadores ignorados;
4   SENÃO SE apontador está ignorado:
5     AVANÇAR para o próximo apontador;
6   SENÃO SE aluno é destro:
7     ADICIONAR à lista de ignorados SE apontador está mais à DIREITA que o
        evento_válido até ao momento;
8     ATUALIZAR evento_válido SE apontador mais à ESQUERDA;
9   SE aluno é canhoto:
10    ADICIONAR à lista de ignorados SE apontador está mais à ESQUERDA que o
        evento_válido até ao momento;
11    ATUALIZAR evento_válido SE apontador mais à DIREITA;
12
13 SE evento_válido foi atribuído:
14   ATUALIZAR desenho no ecrã com base nas coordenadas do evento_válido;
15
16 SE evento_válido tem AÇÃO_LEVANTAR:
17   LIMPAR lista de apontadores ignorados;
```

Código 5.3: Algoritmo de filtragem em caso de *multi-touch*.

## 5.4 Avaliação da resolução

Uma das principais vantagens da utilização de uma aplicação em vez de um livro é a possibilidade de ver as resoluções corrigidas e avaliadas em tempo real. Para isso implementou-se um conjunto de validações para avaliar as resoluções dos alunos. De acordo com o tipo de validação usada, os exercícios podem ser classificar em duas categorias: demonstração e tentativa-erro. Num exercício de demonstração, o aluno é conduzido de forma a chegar sempre à resposta certa. Neste tipo de exercícios, o principal objetivo é ensinar um conceito novo. Por outro lado, num exercício de tentativa-erro, o estudante obtém uma classificação só quando termina a resolução. Aqui, o objetivo é que aplique e treine os conceitos que já aprendeu.

Na Figura 5.4, estão presentes exemplos de exercícios de demonstração. No primeiro caso, o aluno aprende o número seguindo o ponto em azul claro que percorre os pontos de referência pela ordem correta. No segundo, tem de pintar uma parte do desenho com a cor pedida, se este não selecionou a cor certa não consegue pintar. Por fim, tem de pintar o copo que está em cima da mesa, sendo impossível pintar o copo errado.

Na Figura 5.5, estão presentes exemplos de exercícios de tentativa-erro. No primeiro caso, o aluno tem de inserir as letras em falta na imagem. No segundo, tem de responder à pergunta de acordo com a imagem. Por fim, tem de copiar a frase apresentada.

## Descrição da aplicação



Figura 5.4: Exemplo de exercícios de demonstração.

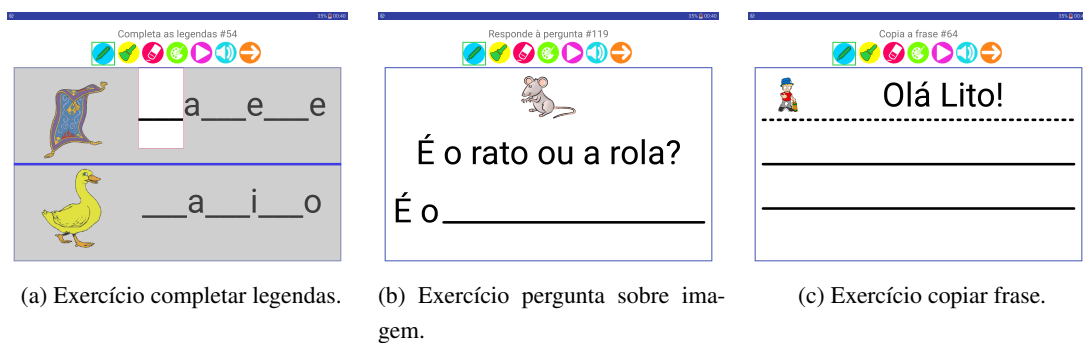


Figura 5.5: Exemplo de exercícios de tentativa-erro.

### 5.4.1 Validação de forma

De todas as validações implementadas, a validação de forma e de texto são as mais complexas. No caso da validação de forma, a classificação é obtida de acordo com o seguinte procedimento:

1. **Carregar do disco o modelo da forma a validar.** Esta forma é conhecida à partida, não se trata de reconhecimento, mas sim de atribuição de uma classificação tendo em conta a forma pedida;
2. **Redimensionar o modelo e a forma desenhada** para as mesmas dimensões, mantendo as proporções;
3. **Extrair do modelo e da forma desenhada amostras de pontos**, ou seja, conjuntos de pontos a uma determinada distância entre si. O número de pontos que constitui a forma desenhada pelo aluno ou pelo professor depende da velocidade com que foi escrita. Isto porque o dispositivo Android vai captar mais eventos se o movimento for mais lento. Assim, para ter um número semelhante de pontos nas duas formas e para reduzir o número de cálculos necessários, calcula-se para cada forma um subconjunto de pontos. Por exemplo, na Figura 5.6 tem a azul os pontos recolhidos pelo dispositivo e a verde o subconjunto calculado.
4. **Calcular o somatório das distâncias** entre os pontos correspondentes (mais próximos) dos dois conjuntos;

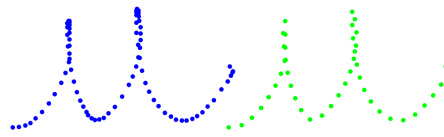


Figura 5.6: Pontos de referência.

5. **Atribuir uma classificação** com base num limite estabelecido para a distância total, este valor depende da forma pedida.

Esta validação é utilizada para avaliar letras, números, figuras geométricas e outras formas isoladas. É também usada no processo de validação de texto com diferenças que serão explicadas na secção seguinte.

A Figura 5.7 ilustra o resultado da aplicação dos passos apresentados anteriormente. Os pontos verdes pertencem ao modelo da letra “u”, os pontos azuis são da letra desenhada pelo aluno e as linhas indicam os pares de pontos correspondentes (mais próximos). Neste caso, a distância entre o modelo e a forma desenhada é igual ao somatório do comprimento de cada linha entre pontos correspondentes.

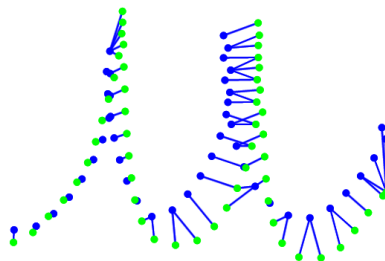


Figura 5.7: Distância entre formas usando os pontos mais próximos.

#### 5.4.2 Validação de texto

Como última etapa de desenvolvimento, foi implementada uma solução simples para validação de texto para permitir que se testem todas as funcionalidades da aplicação. Dado o tempo disponível, o algoritmo foi pensado para usar apenas a informação disponível e o conhecimento adquirido até ao momento. Limitou-se também o tempo de execução para tentar não pôr em causa a experiência de utilização da aplicação. Esta solução pode ser utilizada para fazer comparações de performance e eficiência com novas soluções, que têm agora à disposição dados reais de teste recolhidos durante as experiências com os alunos.



O algoritmo implementado, atribui posições a letras que se pretendem procurar no manuscrito do aluno, de tal modo que o somatório das distâncias entre as letras e as formas nas posições atribuídas é mínima. No fim, o texto é válido se a ordenação obtida corresponde ao texto pretendido. O algoritmo é composto pelas seguintes etapas:

1. **Cálculo de possíveis pontos de segmentação** de letras no texto escrito pelo aluno. Esses pontos são o início e o fim de cada segmento e os mínimos locais. Isto porque a ligação entre letras é, na maioria dos casos, uma curva com a concavidade voltada para cima. Na Figura 5.8 está um exemplo de um texto com os pontos de segmentação indicados a vermelho.

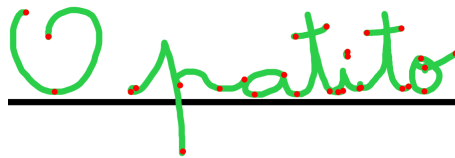


Figura 5.8: Pontos de segmentação.

2. **Cálculo de todas as formas válidas.** Consiste em utilizar uma janela deslizante ao longo dos pontos de segmentação para gerar todas as formas válidas de letras. É utilizado este procedimento, dado que existem pontos de segmentação inválidos e em falta. Na Figura 5.9 tem as três formas que seriam geradas para o texto “O” e para o texto “é”. Neste exemplo são usados duas letras isoladas para simplificar, este algoritmo foi desenhado para ser aplicado em texto.

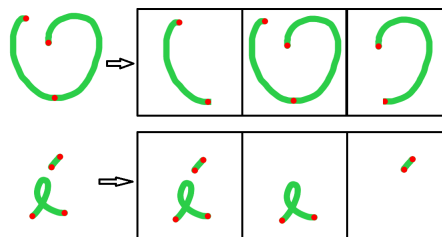


Figura 5.9: Formas possíveis para os textos “O” e “é”.

3. **Para cada forma obtida**, no passo anterior, **calcula-se a distância ao modelo das letras que formam o texto pretendido.** Para isso é utilizado um procedimento semelhante à validação de forma apresentado na Secção 5.4.1, com uma diferença no passo 4 que consiste em utilizar os pontos das amostras de forma sequencial no cálculo das distâncias, em vez de usar os pontos mais próximos. Isto reduz drasticamente o tempo de execução total, mas aumenta a distância calculada face à que se obteria com a validação de forma. Na Figura 5.10 as linhas azuis indicam os pares de pontos correspondentes de forma sequencial. Sendo a distância total igual ao somatório do comprimento das linhas apresentadas. Este cálculo é

repetido para cada par de formas calculadas no passo anterior e letras que formam o texto a validar.

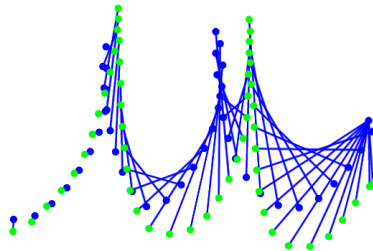


Figura 5.10: Distância entre formas usando os pontos sequencialmente.

4. **Construir uma árvore de soluções válidas.** Tendo para cada letra a distância para cada forma possível não se pode simplesmente atribuir as posições de modo a que todas as letras ocupem a forma com menor distância, pois em alguns casos existiriam letras sobrepostas. Para evitar estas situações, é usada uma árvore para pesquisar a melhor solução. A árvore é construída da seguinte forma:

- (a) Para cada nó da árvore, começando na raiz, obtém-se a lista de posições com a distância mínima para cada letra que ainda não foi atribuída no ramo do nó em análise;
- (b) Calcular os nós descendentes:
  - i. Se nessa lista de posições existir alguma que não intersecta nenhuma das outras, criar um nó com essa letra e posição e adicionar como filho do nó em análise;
  - ii. Caso contrário, adicionar como filhos do nó em análise as zonas e letras que se intersectam;
- (c) Voltar ao passo 4a enquanto existirem nós novos por analisar.

Desta forma, é construída uma árvore com menos nós comparativamente a uma construção que contemplasse todas as combinações de atribuições de posições a letras. Além disso, as situações de sobreposição são resolvidas o mais em profundidade possível para diminuir o número de nós duplicados.

5. **Pesquisa da solução ótima usando *Branch and Bound* [BB96].** A solução ótima é aquela cujo somatório da distância de cada letra à posição atribuída é mínima, sem que existam letras atribuídas às mesmas posições. A solução ótima é procurada com recurso ao algoritmo *Branch and Bound* para reduzir o tempo de pesquisa. Esta pesquisa tem ainda um tempo limite, quando este tempo é ultrapassado o algoritmo devolve uma solução *naive* que atribui a melhor posição a cada letra e no caso de sobreposição atribui a próxima posição com

menor distância que não cause sobreposição. Neste caso, não é garantido que a solução é ótima.

Na realidade os dois últimos passos deste algoritmo, o passo 4 e 5, são executados em simultâneo, ou seja, a árvore é construída à medida que os nós são visitados na ordem estabelecida pelo *Branch and Bound*.

## 5.5 Estatísticas para o professor

O professor tem duas formas de acompanhar o progresso dos alunos: visualizar as resoluções e exportar as classificações. A primeira passa por utilizar a aplicação em modo de professor para aceder ao perfil de cada aluno. Assim pode consultar as resoluções dos exercícios e as classificações obtidas. A segunda forma consiste em exportar os resultados obtidos em cada exercício.

Quando o professor desejar receber um registo com as classificações obtidas pelos seus alunos nos diversos exercícios que foram resolvidos deve utilizar a funcionalidade de exportação de estatísticas. O professor receberá no seu *e-mail* duas folhas de Excel. A primeira contém uma tabela com as classificações obtidas por cada aluno nos vários exercícios – ver Tabela 5.1. A segunda é constituída por uma tabela com a classificação média por aluno em cada nível de dificuldade – ver Tabela 5.2.

Tabela 5.1: Classificação por exercício.

NumAluno	Nome	Nascimento	AnoExercício	NumExercício	Classificação %
1	Miguel Nunes	03/05/2010	1	33	100
1	Miguel Nunes	03/05/2010	1	34	84
1	Miguel Nunes	03/05/2010	1	26	45
1	Miguel Nunes	03/05/2010	1	29	65
2	Ana Rita	12/08/2010	1	47	100
2	Ana Rita	12/08/2010	1	50	47
2	Ana Rita	12/08/2010	1	51	100

Tabela 5.2: Classificação média por nível.

NumAluno	Nome	Nascimento	AnoExercício	NumExercício Resolvidos	Classificação Média %
1	Miguel Nunes	03/05/2010	1	4	73.5
2	Ana Rita	12/08/2010	1	3	82.33

## 5.6 Resumo

Foram apresentados neste capítulo detalhes de implementação importantes para o funcionamento da aplicação.

## Descrição da aplicação

A recolha dos modelos das letras com a ajuda de professores e no formato certo para facilitar a utilização dos mesmos pela aplicação foi uma etapa fundamental. Sem estes modelos seria muito mais difícil garantir que se está a ensinar da forma correta, dificultando a adesão à aplicação e a possibilidade de a experimentar com alunos nas escolas.

Os exercícios e as suas interfaces foram pensados com cuidado para respeitar os aspetos apresentados e são o principal alvo dos testes de usabilidade da aplicação nesta fase.

## Capítulo 6

# Análise experimental

No sentido de validar a aplicação desenvolvida neste trabalho foram realizados testes de usabilidade que consistem na utilização da aplicação por alunos para resolver um conjunto de exercícios e pelo preenchimento de um inquérito.

Neste capítulo, explicam-se as condições em que foram realizados os testes de usabilidade, as perguntas e os objetivos do inquérito e por fim os resultados e as principais observações.

### 6.1 Testes de usabilidade

A aplicação é composta por exercícios destinados a dois níveis distintos de educação: a educação pré-escolar e o primeiro ano do ensino básico. Assim, os testes de usabilidade foram realizados com alunos dos respetivos níveis de educação. O nível da educação pré-escolar foi avaliado com a ajuda de 20 alunos do Jardim de Infância de Estrebuela com idades compreendidas entre os 5 e os 6 anos. O nível destinado ao primeiro ano do ensino básico foi testado com a ajuda de 20 alunos da escola EB1/JI de Paredes com idades compreendidas entre os 6 e os 7 anos de idade. Neste sentido, foram realizados no total 40 testes em duas escolas do concelho de Paredes.

Foram implementados 317 exercícios. No entanto, apenas se escolheu dois subconjuntos de exercícios para cada nível de forma a que cada aluno conseguisse usar a aplicação durante 20 minutos.

### 6.2 Validação

Para avaliar a solução desenvolvida foi elaborado um questionário com perguntas para avaliar a interface gráfica. Neste sentido, foi recolhida a opinião dos alunos em relação às cores, desenhos e sons utilizados. O inquérito incluiu também questões de comparação entre o uso de um *tablet* e o papel na resolução de exercícios. Questionou-se ainda o interesse pela aplicação desenvolvida. Este questionário foi aplicado aos alunos depois de resolverem exercícios na aplicação.

Num outro nível de avaliação, pretende-se indagar os utilizadores em termos pedagógicos através de uma comparação entre a aprendizagem com a aplicação e um manual escolar. No entanto, como os alunos disponíveis se encontravam numa fase de aprendizagem mais avançada do que a disponibilizada na aplicação, esta avaliação não foi permitida. Deste modo, focou-se apenas a interface e usabilidade. O questionário aplicado aos alunos foi constituído pelas seguintes perguntas:

1. Gostas das cores?
2. Os desenhos são bonitos?
3. Gostas do som?
4. Compreendeste o que fazer em cada exercício?
5. Gostas de aprender pelo *tablet*?
6. É mais fácil aprender no papel do que no *tablet*?
7. Gostavas de aprender mais usando o *tablet*?
8. Fazer exercícios no *tablet* é mais divertido do que no papel?
9. O que pensas sobre a aplicação testada?
10. Como classificas os exercícios?
11. Usas telemóvel/*tablet* no dia-a-dia?
12. Qual foi o exercício mais difícil?

Nas perguntas da 1 à 9 as respostas indicam o nível de satisfação numa escala de 1 a 4. Como se tratam de crianças, os níveis são apresentados na forma de símbolos, tal como na Figura 6.1. Já na pergunta 10 as opções são: muito difíceis, difíceis, fáceis ou muito fáceis. A pergunta 11 é de “sim” ou “não” e por fim na pergunta 12 devem responder com o número do exercício que consideraram mais complicado. A Figura A.4 do anexo contém o inquérito completo.



Figura 6.1: Escala utilizada no inquérito.

## 6.3 Resultados

Nesta secção apresentam-se os resultados obtidos e também notas recolhidas durante os testes de usabilidade em cada nível de educação. A Secção A.4 do anexo contém as respostas de todos os alunos a cada pergunta.

### 6.3.1 Educação pré-escolar

Na Tabela 6.1 estão os resultados obtidos nas perguntas 1 a 10. Como se pode observar pelos valores baixos do desvio padrão, a opinião dos alunos em relação a cada aspeto questionado é semelhante.

Tabela 6.1: Resultados educação pré-escolar perguntas 1 a 10

Pergunta	Média	Desvio padrão	Valor ideal	Diferença valor ideal
1	3.95	0.22	4	0.05
2	3.95	0.22	4	0.05
3	3.75	0.43	4	0.25
4	3.75	0.43	4	0.25
5	4.00	0.00	4	0.00
6	1.35	0.65	1	0.35
7	3.60	0.97	4	0.40
8	3.85	0.48	4	0.15
9	4.00	0.00	4	0.00
10	3.35	0.73	Não aplicável	Não aplicável

A coluna “Valor ideal” indica para cada questão qual é a resposta ótima. A “Diferença valor ideal” é a diferença entre o valor ideal e a média obtida e permite identificar os aspetos que segundo os utilizadores não estão tão bem. Neste caso, as perguntas com maior diferença são a 3, 4, 6 e a 7.

As perguntas 3 e 4 estão relacionadas com o som e indicam que tanto a qualidade do som como a perceptibilidade dos conteúdos reproduzidos podem ser melhoradas. Outra forma de tornar mais claro o objetivo de cada exercício será adicionar mais animações, sempre que possível, para exemplificar o que se pretende.

As perguntas 6 e 7 estão relacionadas com a facilidade de aprendizagem no *tablet* face ao papel e com o interesse em continuar a utilizar a aplicação para aprender. Estas duas questões obtiveram resultados menos uniformes e um pouco mais afastados da resposta ótima, mas mesmo assim são resultados favoráveis para a utilização de dispositivos eletrónicos.

Os alunos consideraram que os exercícios eram fáceis e que o mais complicado era o exercício presente na Figura 6.2. Neste tipo de exercícios os alunos têm de relacionar a posição das imagens para identificar a cor correta. Neste caso, dada a natureza das imagens utilizadas, tesouras inclinadas, a dificuldade do exercício aumentou consideravelmente.

Seria interessante salientar que não foram observadas diferenças durante a realização da experiência por um participante com autismo, em relação aos restantes alunos. As respostas deste ao inquérito estão presentes na Tabela A.1 – aluno número 9. O facto das crianças conseguirem utilizar a aplicação de forma autónoma devido ao som e animações utilizadas é uma mais valia em várias situações.

Um aspeto importante observado na resolução de exercícios que envolvem pintura, prende-se com o facto dos alunos rodarem o *tablet* à medida que vão pintando os desenhos e precisam de

## Análise experimental

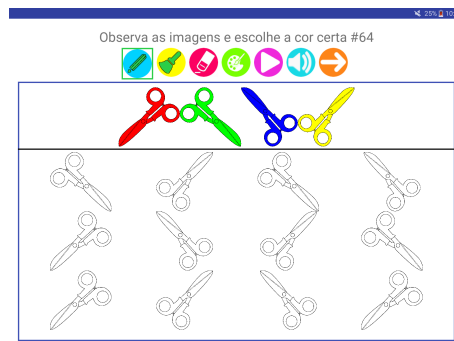


Figura 6.2: Exercício 64.

alcançar zonas mais distantes do ecrã. Assim, o algoritmo discutido na Secção 5.3.1 para filtrar o *multi-touch* deixa de ser útil nesta situação.

### 6.3.2 Primeiro ano

Na Tabela 6.2 estão os resultados obtidos nas perguntas 1 a 10. Tal como aconteceu com os alunos da educação pré-escolar, também neste caso se verifica um desvio padrão baixo em todas as questões.

Tabela 6.2: Resultados primeiro ano perguntas 1 a 10

Pergunta	Média	Desvio padrão	Valor ideal	Diferença valor ideal
1	4.00	0.00	4	0.00
2	3.90	0.30	4	0.10
3	3.85	0.48	4	0.15
4	3.20	0.40	4	0.80
5	3.95	0.22	4	0.05
6	1.65	0.73	1	0.65
7	3.95	0.22	4	0.05
8	3.80	0.51	4	0.20
9	4.00	0.00	4	0.00
10	3.40	0.73	Não aplicável	Não aplicável

Neste caso, há duas questões cuja diferença para o valor esperado é maior, são as questões 4 e 6.

Mais uma vez, pode-se observar pelos resultados obtidos na pergunta 4 que a explicação dada no início de cada exercício de forma sonora não está suficientemente clara e explícita em alguns exercícios. Embora se conseguisse ouvir os sons perfeitamente, as palavras e/ou frases utilizadas não eram suficientemente simples para serem compreendidas pelas crianças. Assim, foram observados vários casos em que os alunos ficavam na dúvida sobre o que realmente era pedido em alguns exercícios.

A pergunta 6 está relacionada com a facilidade de aprendizagem no papel face ao *tablet*. Os resultados indicam que os alunos consideram que no *tablet* é mais fácil. No entanto, pode-se



melhorar este ponto aumentando e melhorando as animações existentes e a qualidade dos sons utilizados para explicar os diversos conteúdos.

Os alunos consideraram que neste nível o exercício mais complicado era o da Figura 6.3. Neste exercício, o objetivo é responder a perguntas de escolha múltipla sobre uma história. Tanto as perguntas como o texto estão em formato áudio e pretende-se com isto avaliar a compreensão oral. A dificuldade não estava no tipo de exercício nem nas perguntas, mas sim no facto da história contada ter demasiada informação. Os alunos tinham de ouvir mais do que uma vez o texto para conseguir responder corretamente às perguntas.

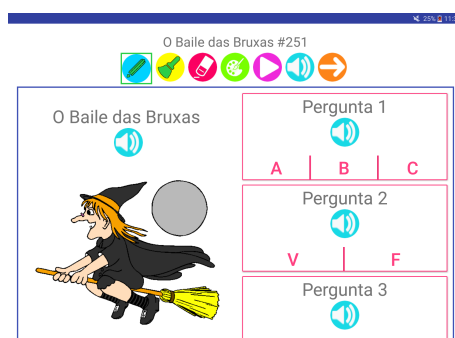


Figura 6.3: Exercício 251.

Também neste nível foi identificada uma situação em que o algoritmo para filtrar o *multi-touch* falhava. Isto acontecia porque por vezes os alunos tinham as duas mãos em contacto com o ecrã, faziam-no para segurar o *tablet* da mesma forma que fazem com as folhas de papel. Utilizavam uma mão para escrever e a outra para segurar o ecrã, levando a que o algoritmo escolhe-se como válidos os pontos provenientes da mão de apoio.

## 6.4 Resumo

Os resultados obtidos foram bastante positivos e sobretudo importantes para validar as decisões tomadas na construção da interface dos exercícios e os conteúdos utilizados: cores, imagens, animações e sons. Foram também importantes para a identificação de problemas e questões que não se previam antes de experimentar com os futuros utilizadores. O principal problema apontado foi a dificuldade de compreensão da mensagem sonora utilizada para explicar os exercícios.

Apenas 3 dos 40 alunos inquiridos referiram não usar *tablet* ou telemóvel no seu dia-a-dia. A maioria dos alunos foi capaz de utilizar a aplicação sem ajuda. A função dos botões de voltar a ouvir o último som e de repetir a última animação não era clara só pelo *icon* até os experimentarem.

É inquestionável o interesse das crianças pela tecnologia. Os alunos gostaram e ficaram interessados na aplicação desenvolvida bem como na possibilidade de puderem aprender utilizando um dispositivo móvel. Para eles, a aplicação tratava-se de um jogo com diferentes níveis que tinham de completar para obter uma classificação.

## Análise experimental

A aplicação desenvolvida tem 65 exercícios no nível da educação pré-escolar e 252 para o primeiro ano, os alunos resolveram apenas um subconjunto devido às limitações temporais. O facto de encararem a aplicação como um jogo com desafios ajudou a que não ficassem aborrecidos e com vontade de parar antes de concluído o teste.

## Capítulo 7

# Conclusões e Trabalho Futuro

A aprendizagem da língua portuguesa é uma tarefa complexa, mas fundamental para qualquer pessoa. A comunicação verbal e não-verbal são os principais veículos de partilha e aquisição de conhecimento, bem como de relacionamento social.

Têm sido várias as tentativas ao longo dos anos para aumentar a taxa de sucesso escolar. Estas tentativas passam por alterações do plano e metas curriculares, por mudanças na forma de ensino e mais recentemente pela integração da tecnologia na educação. Neste trabalho, foi desenvolvida uma aplicação para *tablets* com sistema operativo Android para auxiliar na aprendizagem da escrita em português. A aplicação é constituída por exercícios destinados a crianças que frequentem a educação pré-escolar ou o primeiro ano do ensino básico. São utilizadas animações e sons para tornar a experiência imersiva, cativante e divertida. O som é também fundamental para que o aluno possa ser mais autónomo e conseguir usar a aplicação sem saber ler. A experiência semelhante à de um jogo com vários níveis é também uma forma de motivar os estudantes para continuarem a resolver exercícios e a tentarem melhorar os seus conhecimentos. A aplicação permite ainda que o professor tenha acesso a um conjunto de estatísticas para acompanhar a evolução dos alunos.

### 7.1 Trabalho Futuro

Neste trabalho foram dados os primeiros passos na construção da aplicação. Os resultados obtidos foram bastante positivos, mas há melhorias que podem ser feitas, nomeadamente:

1. O som utilizado. É necessário melhorar a qualidade e perceptibilidade das mensagens transmitidas. Deve-se substituir os sons gerados por computador pela voz humana, de modo a tornar o som mais dinâmico e a experiência mais imersiva. Também se deve procurar simplificar as palavras e frases utilizadas.
2. O processo de decisão em caso de *multi-touch*. Ter em conta as situações de erro identificadas na análise experimental e considerar a utilização de *hardware* dedicado, como as *Bluetooth Stylus*.

## Conclusões e Trabalho Futuro

3. A validação de texto. Além de aumentar a precisão é necessário ter em conta o tempo de execução. Trata-se de uma aplicação móvel para crianças, o tempo de execução pode quebrar facilmente o ritmo e interesse do aluno. Seria interessante implementar um dos métodos referidos na Secção 3.2.2.3, como *Hidden Markov models*, para fazer reconhecimento de texto. Esta técnica é capaz de segmentar e reconhecer texto em simultâneo, mas só permitiria verificar qual o texto escrito. Depois poderia-se utilizar a informação gerada pelo algoritmo, principalmente as zonas de segmentação e a respetiva letra, para avaliar o desenho das letras em relação aos modelos do professor.
4. A transição entre etapas de aprendizagem. Acrescentar exercícios para suavizar a transição da aprendizagem letra-palavra e palavra-frase. Acrescentar ainda exercícios para cobrir por completo as metas curriculares, trabalhando de perto com professores para criar exercícios típicos de sala-de-aula.
5. As estatísticas exportadas. Incluir mais informação como gráficos e tabelas de acordo com os requisitos dos professores. Adicionar também dados provenientes das funcionalidades em falta, presentes na lista seguinte.

Além destas melhorias há ainda funcionalidades em falta, a saber:

1. Identificação de dificuldades de aprendizagem como: dislexia, disgrafia e disortografia. Pode-se criar mais exercícios para a deteção dos principais problemas, referidos na Secção 2.2, de pessoas com estes transtornos. Usar a classificação obtida neste tipo de exercícios, como os da Figura 3.9, A.1g e A.2o, juntamente com as métricas presentes na Secção 3.2.3 para construir modelos que permitam a identificação destes casos. Estas métricas avaliam a escrita em relação à forma, tamanho, velocidade, espaço e alinhamento. Tal como referido também na Secção 3.2.3 estes modelos podem por exemplo ser obtidos usando *support vector machines*. Deve-se ter em atenção que os resultados obtidos serão apenas indicadores e que nestas idades há vários fatores como os níveis de desenvolvimento mental, motor e linguístico que poderão influenciar esses resultados. Ter também em conta que a precisão do algoritmo usado para a validação do texto pode influenciar o cálculo das métricas referidas.
2. Adaptação da dificuldade e exercícios à curva de aprendizagem de cada aluno. Neste momento, a sequência de exercícios é estática e igual para todos os alunos. No entanto, é importante ajustar dinamicamente esta sequência conforme as necessidades de cada um. Por exemplo, quando um aluno está a fazer um exercício em que aprende a forma de uma letra e apresenta dificuldades na resolução do mesmo, poderia-se trocar este exercício por um de grafismo (exemplo Figura A.1i) com formas semelhantes à letra em questão. Depois do aluno completar este novo exercício com sucesso voltava para o da letra. Esta substituição permitiria que o aluno resolvesse primeiro um exercício mais simples obtendo conhecimento útil para resolver a questão anterior e ao mesmo tempo não se sentisse desmotivado por estar preso num exercício.

# Referências

- [AA11] Abdullah Almaksour e Eric Anquetil. Improving premise structure in evolving takagi–sugeno neuro-fuzzy classifiers. *Evolving Systems*, 2(1):25–33, 2011.
- [AMG07] Thierry Artieres, Sanparith Marukatat e Patrick Gallinari. Online handwritten shape recognition using segmental hidden markov models. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, 29(2):205–217, 2007.
- [APPa] APPDAE. Associação portuguesa de pessoas com dificuldades de aprendizagem específicas: Discalculia. <http://www.appdae.net/discalculia.htm>. Acedido: 2017-01-20.
- [APPb] APPDAE. Associação portuguesa de pessoas com dificuldades de aprendizagem específicas: Disgrafia. <http://www.appdae.net/disgrafia.htm>. Acedido: 2017-01-20.
- [APPc] APPDAE. Associação portuguesa de pessoas com dificuldades de aprendizagem específicas: Dislexia. <http://www.appdae.net/dislexia.htm>. Acedido: 2017-01-20.
- [APPd] APPDAE. Associação portuguesa de pessoas com dificuldades de aprendizagem específicas: Disortografia. <http://www.appdae.net/disortografia.htm>. Acedido: 2017-01-20.
- [Appe] AppQuiz. Alfabeto da escrita. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.appquiz.alphabetwriting>. Acedido: 2017-02-09.
- [Appf] RV AppStudios. Abc kids - tracing & phonics. [https://play.google.com/store/apps/details?id=com.rvappstudios.abc\\_kids\\_toddler\\_tracing\\_phonics](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.rvappstudios.abc_kids_toddler_tracing_phonics). Acedido: 2017-02-09.
- [Apr] AprenderJugando. Aprender alfabeto. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.AprenderJugando.Alfabeto2>. Acedido: 2017-02-09.
- [BA15] Manuel Bouillon e Eric Anquetil. Handwriting analysis with online fuzzy models. *17th Biennial Conference of the International Graphonomics Society (IGS)*, 2015. URL: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01238091>.
- [BB96] Gilles Brassard e Paul Bratley. *Fundamentals of algorithmics*. Englewood, N.J. : Prentice Hall, 1996.

## REFERÊNCIAS

- [Bla] David Blair. Finland to teach typing rather than handwriting in schools. <http://www.telegraph.co.uk/news/worldnews/europe/finland/11391999/Finland-to-teach-typing-rather-than-handwriting-in-schools.html>. Acedido: 2017-01-22.
- [Bru09] Roberto Brunelli. *Template matching techniques in computer vision: theory and practice*. John Wiley & Sons, 2009.
- [BVB09] Adriana Baptista, Fernanda Leopoldina Viana e Luís Filipe Barbeiro. *O ensino da escrita : dimensões gráfica e ortográfica*. Lisboa: Ministério da Educação, 2009.
- [CJ01] Scott D. Connell e Anil K. Jain. Template-based online character recognition. *Pattern Recognition*, 34:1 – 14, 2001.
- [Coe12] Diana Tereso Coelho. Dislexia, disgrafia, disortografia e discalculia. *LV Dornelles, & N. Fernandes (Edits.), Perspetivas sociológicas e educacionais em estudos da criança: as marcas das dialogicidades luso-brasileiras*, pages 612–628, 2012.
- [DA13] Adrien Delaye e Eric Anquetil. {HBF49} feature set: A first unified baseline for online symbol recognition. *Pattern Recognition*, 46(1):117 – 130, 2013.
- [dEa] Direção-Geral da Educação. Ambientes educativos inovadores. <http://erte.dge.mec.pt/ambientes-educativos-inovadores>. Acedido: 2017-01-21.
- [dEb] Direção-Geral da Educação. Recursos e tecnologias educativas. <http://www.dge.mec.pt/recursos-e-tecnologias-educativas>. Acedido: 2017-01-21.
- [dEE] Direção-Geral dos Estabelecimentos Escolares. Alunos do 7º ano trocam manuais escolares por tablets, em montemor-o-novo. <http://www.dgeste.mec.pt/index.php/tag/montemor/>. Acedido: 2017-01-22.
- [Dev] Devpocket. itraceapp. <http://itraceapp.com/>. Acedido: 2017-02-09.
- [DGPR02] S. Djeziri, W. Guerfali, R. Plamondon e J.M. Robert. Learning handwriting with pen-based systems: computational issues. *Pattern Recognition*, 35(5):1049 – 1057, 2002.
- [dpl] demografix pty ltd. School writing learn to write. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.project.schoolwriting>. Acedido: 2017-02-09.
- [dSRA] Direção de Serviços Região Alentejo. Manuais escolares eletrónicos. <http://maneele.drealentejo.pt/site/index.php/pt/>. Acedido: 2017-01-20.
- [Dve] Henrik Dvergsdal. Finnish school abandons books for tablets. <http://sciencenordic.com/finnish-school-abandons-books-tablets>. Acedido: 2017-01-22.
- [Ehr97] Linnea C Ehri. Sight word learning in normal readers and dyslexics. *Foundations of reading acquisition and dyslexia: Implications for early intervention*, pages 163–189, 1997.

## REFERÊNCIAS

- [FFP15] Antonieta Ferreira, Paula Félix e Rute Perdigão. Retenção escolar nos ensinos básico e secundário. Technical report, Conselho Nacional de Educação, 2015.
- [FTSC11] Tiago H. Falk, Cynthia Tam, Heidi Schellnus e Tom Chau. On the development of a computer-based handwriting assessment tool to objectively quantify handwriting proficiency in children. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 104(3):e102 – e111, 2011.
- [GJL11] Yan Gao, L. Jin e Nanxi Li. Chinese handwriting quality evaluation based on analysis of recognition confidence. In *2011 IEEE International Conference on Information and Automation*, pages 221–225, 2011.
- [GLF<sup>+</sup>09] A. Graves, M. Liwicki, S. Fernández, R. Bertolami, H. Bunke e J. Schmidhuber. A novel connectionist system for unconstrained handwriting recognition. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 31:855–868, 2009.
- [Gro13] S. Grossberg. Recurrent neural networks. *Scholarpedia*, 2013. Acedido: 2017-02-10.
- [HN04] Heloise Hse e A. Richard Newton. Sketched symbol recognition using zernike moments. In *Proceedings of the Pattern Recognition, 17th International Conference on (ICPR'04) Volume 1 - Volume 01*, ICPR '04, pages 367–370. IEEE Computer Society, 2004.
- [HS07] Wolfgang Härdle e Léopold Simar. *Applied Multivariate Statistical Analysis*. Springer Berlin Heidelberg, 2007.
- [Inca] Google Inc. Android stylus. <https://source.android.com/devices/accessories/stylus>. Acedido: 2017-05-24.
- [Incb] No Tears Learning Inc. Wet-dry-try. <http://wetdrytry.com/>. Acedido: 2017-02-09.
- [KS05] Levent Burak Kara e Thomas F. Stahovich. An image-based, trainable symbol recognizer for hand-drawn sketches. *Computers & Graphics*, 29:501 – 517, 2005.
- [KSSS01] Victor Kulesh, Kevin Schaffer, Ishwar Sethi e Mark Schwartz. *Handwriting Quality Evaluation*, pages 157–165. Springer Berlin Heidelberg, 2001.
- [L'E] L'Escapadou. Cursive writing wizard letters. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.lescapadou.cursivefree>. Acedido: 2017-02-09.
- [Lea] Letterschool Enabling Learning. Letterschool. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.letterschool.lite>. Acedido: 2017-02-09.
- [LJLBJC<sup>+</sup>11] Guylaine Le Jan, Régine Le Bouquin-Jeannès, Nathalie Costet, Nolwenn Trolès, Pascal Scalart, Dominique Pichancourt, Gérard Faucon e Jean-Emile Gombert. Multivariate predictive model for dyslexia diagnosis. *Annals of Dyslexia*, 2011.
- [LLC] Write-On Handwriting LLC. Write-on-handwriting. <http://writeonhandwriting.com/conquering-cursive-ipad/>. Acedido: 2017-02-09.

## REFERÊNCIAS

- [LM15] José Reis Lagarto e Herminia Marques. Tablets e conteúdos digitais - mudando paradigmas do ensinar e do aprender. 2015.
- [Mat08] Maria de Lourdes Estorninho Neves Mata. *A descoberta da escrita: Textos de apoio para educadores de infância*. Lisboa: Ministério da Educação, 2008.
- [MBC<sup>+</sup>13] M. R. Martins, J. A. Bastos, A. T. Cecato, L. Araujo Mde, R. R. Magro e V. Alaminos. Screening for motor dysgraphia in public schools. *J Pediatr (Rio J)*, 89(1):4–70, 2013.
- [MCS] Porto Miew Creative Studio · Ainda estou a aprender. <https://aindaestouaprender.com/>. Acedido: 2017-01-20.
- [MPKA12] Ming Ma, Dong-Won Park, Soo Kyun Kim e Syungog An. Online recognition of handwritten korean and english characters. *Journal of Information Processing Systems*, 2012.
- [Muf] Mufimob. Learn to write letters numbers. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.mufimob.writeabc123>. Acedido: 2017-02-09.
- [NET] NETMARKETSHARE. Mobile/tablet operating system market share. <https://www.netmarketshare.com/operating-system-market-share.aspx?qprid=8&qpcustomd=1&qpsp=215&qnp=2&qptimeframe=M>. Acedido: 2017-01-24.
- [PE] S.A. Porto Editora. Escola virtual. <http://www.escolavirtual.pt/Instituicoes-Page/instituicoespage.html>. Acedido: 2017-01-22.
- [PF09] Thomas Plötz e Gernot A. Fink. Markov models for offline handwriting recognition: a survey. *International Journal on Document Analysis and Recognition (IJDAR)*, 12(4):269, 2009.
- [RBA<sup>+</sup>16] Luz Rello, Miguel Ballesteros, Abdullah Ali, Miguel Serra, Daniela Sánchez e Jeffrey Bigham. Dytective: Diagnosing risk of dyslexia with a game. In *Proc. Pervasive Health'16*, 2016.
- [Rei93] Judith Reisman. Development and reliability of the research version of the minnesota handwriting test. *Physical & Occupational Therapy In Pediatrics*, 13(2):41–55, 1993.
- [Rei99] Judith Reisman. *Minnesota Handwriting Assessment*. Psychological Corporation, 1999.
- [RN10] Stuart Russell e Peter Norvig. *Artificial intelligence : a modern approach*. Boston [etc.] : Pearson cop, 3rd edition, 2010.
- [SBP14] O. Samanta, U. Bhattacharya e S.K. Parui. Smoothing of {HMM} parameters for efficient recognition of online handwriting. *Pattern Recognition*, 47(11):3614 – 3629, 2014.
- [Scr] ScriptandGo. Venez tester intuiscript au salon educatec du 9 au 11 mars. <http://www.scriptandgo.com/wp-content/uploads/2016/03/Educatec-IntuiScript.jpg>. Acedido: 2017-01-22.



## REFERÊNCIAS

- [SD05] Tevfik Metin Sezgin e Randall Davis. Hmm-based efficient sketch recognition. In *Proceedings of the 10th International Conference on Intelligent User Interfaces*, IUI '05, pages 281–283. ACM, 2005.
- [SMMR] Isabel Lopes da Silva, Liliana Marques, Lourdes Mata e Manuela Rosa. Orientações curriculares para a educação pré-escolar. <http://www.dge.mec.pt/ocepe/node/1>. Acedido: 2016-11-22.
- [Sof] Appledore Soft. Crianças aprenda a escrever. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.appledoresoft.learntowrite>. Acedido: 2017-02-09.
- [SoIS13] K. Shu e Singapore Management University. School of Information Systems. *Understanding and Rejecting Errant Touches on Mlti-touch Tablets*. Singapore Management University Master's thesis. Singapore Management University, 2013. URL: <https://books.google.pt/books?id=HmTangeACAAJ>.
- [Sol] Eduventive Solutions. Letter writing. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.eduventive.LetterWriting>. Acedido: 2017-02-09.
- [SS09] Inês Sim-Sim. *O ensino da leitura: a decifração*. Lisboa: Ministério da Educação, 2009.
- [SSE96] R. Seiler, M. Schenkel e F. Eggimann. Off-line cursive handwriting recognition compared with on-line recognition. In *Proceedings of 13th International Conference on Pattern Recognition*, volume 4, pages 505–509 vol.4, 1996.
- [SSR16] Shibaprasad Sen, Ram Sarkar e Kaushik Roy. *A Simple and Effective Technique for Online Handwritten Bangla Character Recognition*, pages 201–209. Springer India, 2016.
- [Ste] First Step. Handwriting, abc learning. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.firststep.kids.writing.educational.game>. Acedido: 2017-02-09.
- [TB11] Clara Ferrão Tavares e Luís Filipe Barbeiro. *As implicações das TIC no ensino da língua*. Lisboa: Ministério da Educação, 2011.
- [Tea] TeachersParadise.com. Abcs imprimir escrita hwt. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.teachersparadise.fingertracing004>. Acedido: 2017-02-09.
- [TKA13] Najiba Tagougui, Monji Kherallah e Adel M. Alimi. Online arabic handwriting recognition: a survey. *International Journal on Document Analysis and Recognition (IJDAR)*, 16(3):209–226, 2013.
- [VV14] Mayur Vyas e Karun Verma. A comprehensive survey of handwritten character segmentation. In *2014 IEEE International Conference on Advanced Communications, Control and Computing Technologies*, pages 1462–1465, 2014.

## REFERÊNCIAS

## Anexo A

# Anexos

### A.1 Exercícios

Na Figura A.1 e na Figura A.2 está um exemplar de cada tipo de exercício (resolvido) da educação pré-escolar e do primeiro ano, respetivamente. As resoluções são de vários alunos que participaram no teste de usabilidade.

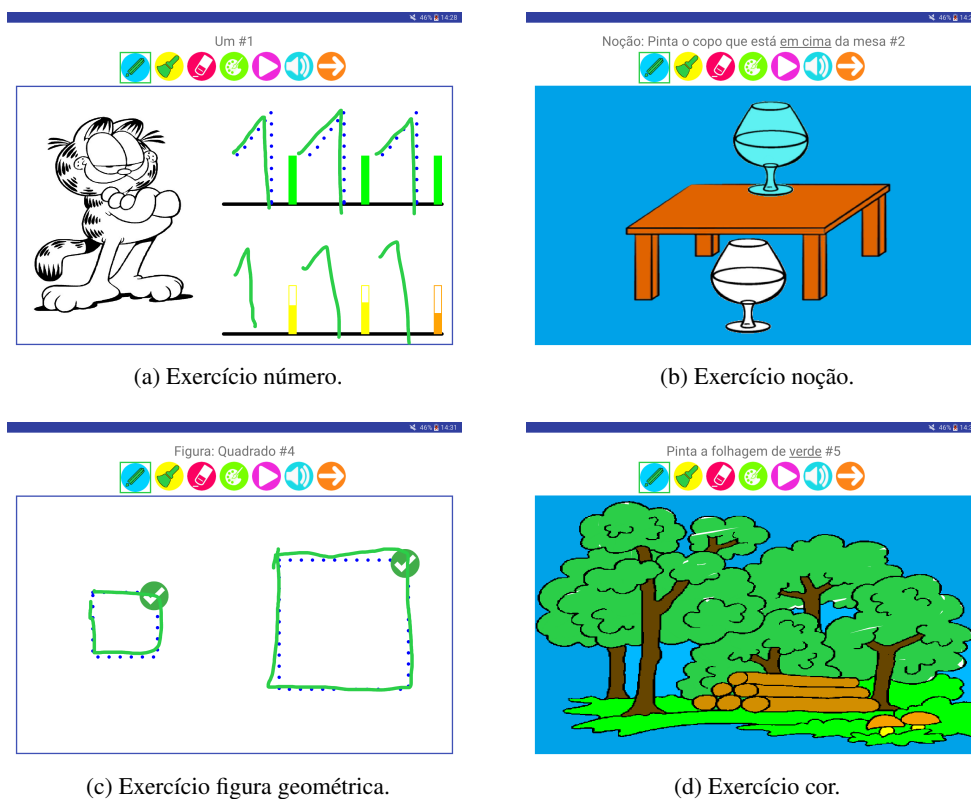
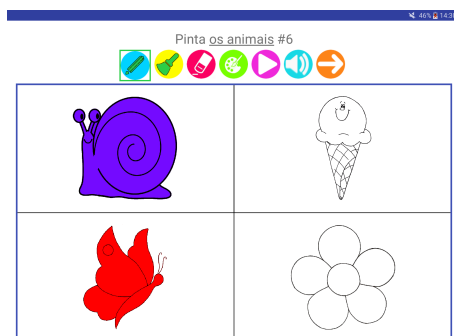
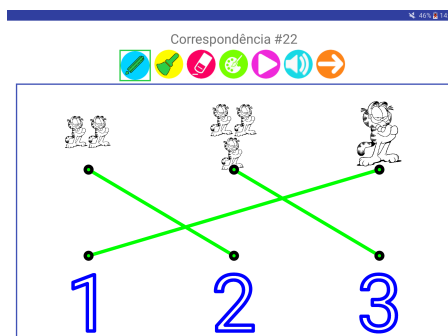


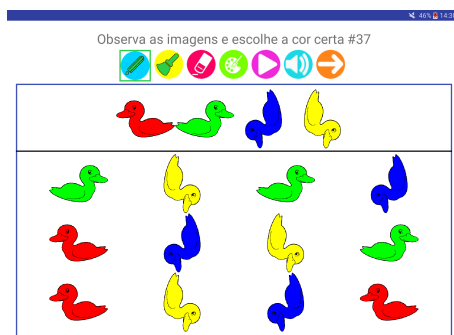
Figura A.1: Diferentes tipos de exercícios para educação pré-escolar.



(e) Exercício tema transversal.



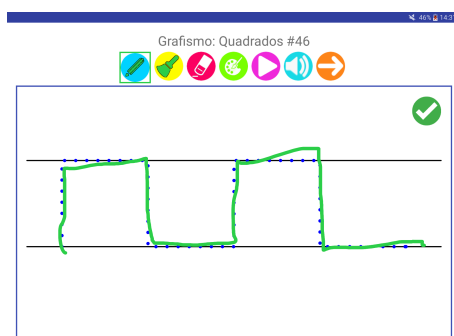
(f) Exercício número-quantidade.



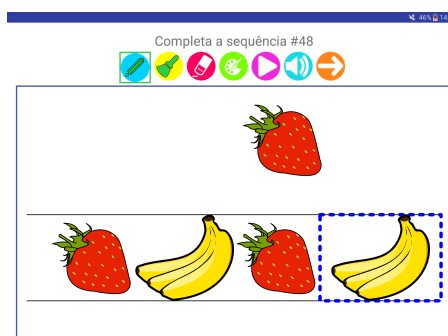
(g) Exercício relação espacial.



(h) Exercício conjunto.



(i) Exercício grafismo.



(j) Exercício sequência.

Figura A.1: Diferentes tipos de exercícios para educação pré-escolar (continuação).

Repetição: p #34

(a) Exercício repetição de letra.

Ditongo: ai #26

(b) Exercício ditongo.

Copia as sílabas #51

Ta ✓	Te ✓	Ti ✓
To ✓	Tu ✓	

(c) Exercício sílabas.

Copia a frase #47

O patito

(d) Exercício copiar palavra/frase.

Correspondência: t #52

(e) Exercício correspondência de letras

Responde à pergunta #69

É o dedo ou o dado?

É o dedo

(f) Exercício pergunta sobre imagem.

Completa as legendas #76

	d a d o
	d e d i t o

(g) Exercício completar legendas.

Troca a ordem das sílabas para formar palavras novas #86

lapa laca

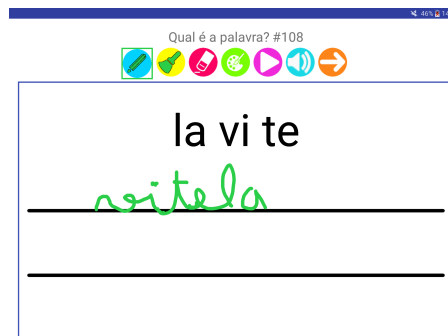
cala cala

(h) Exercício trocar sílabas

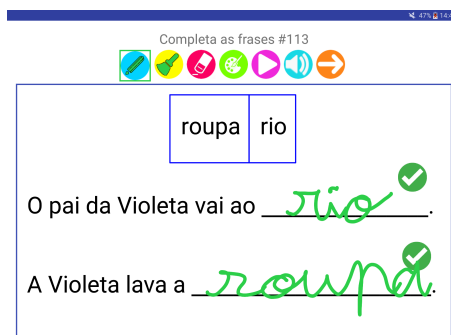
Figura A.2: Diferentes tipos de exercícios para o primeiro ano.



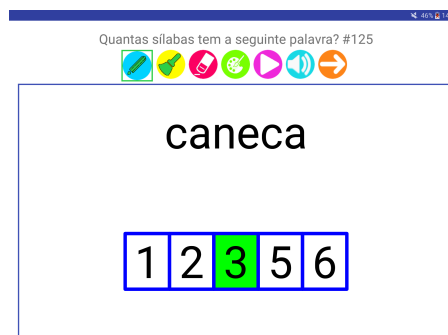
(i) Exercício aprender letra.



(j) Exercício ordenar palavra/frase.



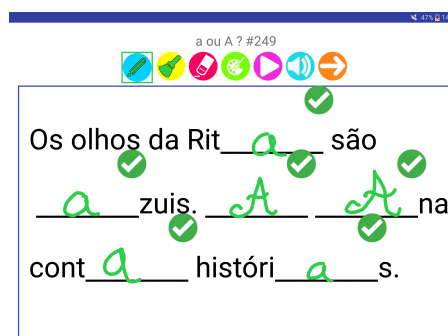
(k) Exercício completar frase.



(l) Exercício número de sílabas.



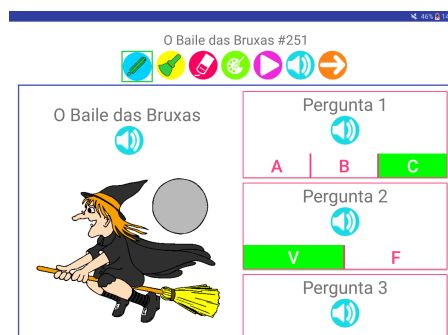
(m) Exercício legendar imagens.



(n) Exercício completar texto.



(o) Exercício selecionar letra.



(p) Exercício compreensão oral.

Figura A.2: Diferentes tipos de exercícios para o primeiro ano (continuação).

## A.2 Modelo conceptual

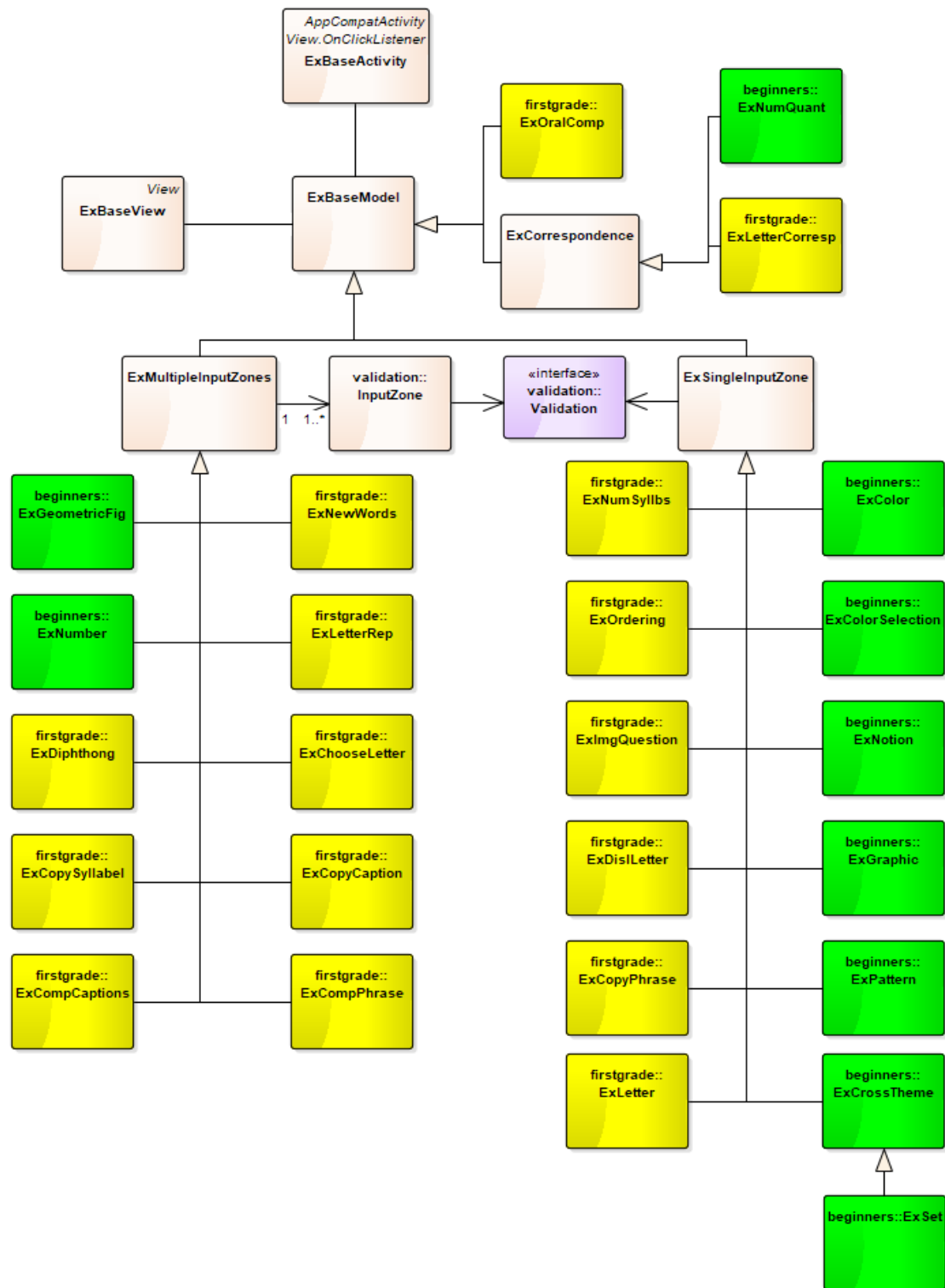


Figura A.3: Modelo conceptual UML com as classes principais

A.3 Questionário

No seguimento do teste realizado com a aplicação, este questionário tem o objetivo de avaliar a aplicação e o seu modo de utilização. Nestas perguntas serão avaliados aspetos como a facilidade de utilização, a compreensão dos exercícios, opinião relativa a imagens e animações utilizadas. O questionário é anónimo e os dados serão apenas utilizados pela equipa de investigação do INESC TEC responsável pelo projeto.





				
1. Gostas das cores?				
2. Os desenhos são bonitos?				
3. Gostas do som?				
4. Compreendeste o que fazer em cada exercício?				
5. Gostas de aprender pelo tablet?				
6. É mais fácil aprender no papel do que no tablet?				
7. Gostavas de aprender mais usando o tablet?				
8. Fazer exercícios no tablet é mais divertido do que no papel?				
9. O que pensas sobre a aplicação testada?				
10. Como classificas os exercícios?	Muito difíceis	Difíceis	Fáceis	Muito fáceis
11. Usas telemóvel/tablet no dia-a-dia?	Sim	Não		
12. Qual foi o exercício mais difícil? # _____ (número do exercício)				
13. Nível de escolaridade atual	Pré-escola	1º Ano		

Figura A.4: Questionário



## A.4 Respostas ao questionário

Tabela A.1: Respostas educação pré-escolar

Aluno \ Questão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Sexo	Mão
1	4	4	3	3	4	1	1	4	4	4	Sim	64	M	Dir
2	4	4	3	3	4	3	4	4	4	2	Sim	64	M	Dir
3	4	4	3	3	4	2	2	2	4	2	Sim	Nenhum	F	Dir
4	4	4	4	4	4	1	4	4	4	4	Sim	64	F	Dir
5	4	4	4	3	4	3	4	4	4	2	Sim	53	M	Dir
6	4	4	4	4	4	1	4	4	4	3	Sim	Nenhum	M	Dir
7	4	4	4	4	4	1	4	4	4	4	Sim	Nenhum	F	Dir
8	4	4	4	4	4	1	4	4	4	4	Sim	Nenhum	F	Dir
9	4	4	4	4	4	1	4	4	4	4	Sim	Nenhum	M	Dir
10	4	4	4	4	4	1	4	4	4	4	Sim	64	M	Dir
11	4	3	4	4	4	2	4	4	4	4	Sim	Nenhum	M	Esq
12	4	4	4	4	4	1	4	4	4	4	Sim	64	M	Dir
13	4	4	4	4	4	1	1	4	4	4	Sim	Nenhum	F	Esq
14	4	4	4	4	4	1	4	3	4	3	Sim	64	F	Dir
15	4	4	3	4	4	2	4	4	4	4	Sim	Nenhum	F	Dir
16	4	4	4	3	4	1	4	4	4	3	Não	Nenhum	M	Dir
17	4	4	4	4	4	1	4	4	4	3	Sim	Nenhum	M	Dir
18	4	4	4	4	4	1	4	4	4	3	Sim	Nenhum	F	Dir
19	4	4	4	4	4	1	4	4	4	3	Sim	64	F	Dir
20	3	4	3	4	4	1	4	4	4	3	Sim	Nenhum	M	Dir

Anexos

Tabela A.2: Respostas primeiro ano

Aluno \ Questão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Sexo	Mão
<b>1</b>	4	4	4	3	4	2	4	4	4	2	Sim	251	M	Dir
<b>2</b>	4	4	4	3	4	1	4	4	4	2	Sim	251	F	Dir
<b>3</b>	4	3	4	3	4	2	4	4	4	3	Sim	Nenhum	F	Dir
<b>4</b>	4	4	4	3	4	2	4	4	4	3	Sim	86	F	Dir
<b>5</b>	4	4	4	3	4	2	4	4	4	4	Sim	Nenhum	M	Dir
<b>6</b>	4	4	4	4	4	1	4	4	4	4	Sim	249	F	Dir
<b>7</b>	4	4	4	3	4	1	4	3	4	4	Sim	Nenhum	F	Dir
<b>8</b>	4	4	4	3	4	3	4	4	4	3	Sim	Nenhum	F	Dir
<b>9</b>	4	4	2	4	4	3	4	2	4	4	Sim	251	F	Dir
<b>10</b>	4	4	4	3	4	1	4	4	4	4	Não	Nenhum	F	Dir
<b>11</b>	4	4	4	3	4	3	4	4	4	4	Sim	251	F	Dir
<b>12</b>	4	4	4	3	4	1	4	4	4	4	Sim	251	M	Dir
<b>13</b>	4	4	4	3	3	2	3	4	4	4	Sim	251	F	Dir
<b>14</b>	4	4	4	3	4	2	4	4	4	4	Sim	Nenhum	F	Dir
<b>15</b>	4	4	4	3	4	2	4	3	4	3	Sim	Nenhum	F	Dir
<b>16</b>	4	3	4	3	4	1	4	4	4	2	Sim	69	M	Dir
<b>17</b>	4	4	3	3	4	1	4	4	4	3	Sim	108	F	Dir
<b>18</b>	4	4	4	4	4	1	4	4	4	4	Sim	Nenhum	M	Dir
<b>19</b>	4	4	4	3	4	1	4	4	4	3	Não	Nenhum	F	Esq
<b>20</b>	4	4	4	4	4	1	4	4	4	4	Sim	Nenhum	F	Dir